PROGRAMA

DE UN CURSO

DE GEOMETRÍA Y MECÁNICA,

APLICADAS Á LAS ARTES,

PARA USO DE LOS ARTESANOS, Y DE LOS MAESTROS Y DEMAS PERSONAS QUE DIRIGEN TALLERES Ó FÁBRICAS:

EXPLICADO

EN EL REAL CONSERVATORIO DE ARTES Y OFICIOS DE PARIS

POR EL BARON CARLOS DUPIN,

MIEMBRO DEL INSTITUTO EN LA ACADEMIA REAL DE LAS CIENCIAS, OFICIAL SUPERIOR DEL CUERPO DE INGENIEROS DE LA MARINA, OFICIAL DE LA LEGION DE HONOR Y CABALLERO DE SAN LUIS.

TRADUCIDO DEL FRANCES

POR D. JUAN LOPEZ DE PEÑALVER Y LA TORRE.

DE ORDEN SUPERIOR.

MADRID EN LA IMPRENTA REAL

AÑO DE 1827.

AVISO DEL TRADUCTOR.

Habiéndose dignado S. M. de mandar que en el Real Conservatorio de Artes se estableciese la enseñanza de Geometría, Mecánica y Física, aplicadas á las artes, juzgó el director de este establecimiento que convendria tener por escrito alguna guia que sirviese para mayor utilidad de los concurrentes á este estudio; y en su consecuencia, y hasta tanto que se creyese mas conveniente otro medio, aprobó S. M. que se adoptase para este efecto el Programa que habia formado y publicado en Paris el baron Cárlos Dupin para igual enseñanza, que está establecida en aquella capital.

Al mismo tiempo se dignó S. M. aprobar el encargo que se me habia hecho de trasladar al castellano dicho Programa, como tambien la obra misma á que se referia, y que se empezaba á publicar en Paris.

Acepté gustoso este encargo, porque su desempeño no es de ninguna dificultad, y por los respetos debidos á la persona que me lo hacia, en la cual se reunen principalmente dos circunstancias que exigian mi obediencia: tales son las de padre y maestro. He cumplido este deber; y si ademas el corto trabajo que es este, puede ser de algun alivio para el profesor que es igualmente mi maestro, lograré una satisfaccion, que será mas cumplida si es de alguna utilidad para instruccion del público.

La obra que he indicado antes lleva este título: *Geometría y Mecánica de las Artes y Oficios y de las Bellas Artes: Curso Normal para el uso de los artesanos, artistas, maestros y veedores de los talleres y fábricas, explicado en el Conservatorio Real de Artes y Oficios, por el baron Cárlos Dupin, miembro del Instituto, en la Academia Real de las Ciencias, oficial superior del cuerpo de Ingenieros de la Marina, oficial de la Legion de Honor, y caballero de S. Luis.*

Esta obra que estoy traduciendo por igual encargo, segun queda dicho, saldrá mas aumentada que el Programa, con datos y observaciones que la hagan mas útil para los españoles.

No me toca, ni es este el lugar de manifestar la importancia de la materia, ni el mérito de la obra del señor Dupin. Otros lo han hecho, y todos han aplaudido el pensamiento de vulgarizar los conocimientos de unas ciencias, en que todos convienen, se funda en el dia la riqueza y poder de las naciones, y el influjo y la gloria que van con aquellas. Diré, sin embargo, que si el hacer unos buenos elementos de las ciencias matemáticas y físicas es tan dificil que todavía se desean, no será extraño que en una empresa nueva y ardua, cual es la de poner al alcance de todos unos conocimientos que en otro tiempo se graduaban de escabrosos, haya otros que logren descubrir un camino mas sencillo, sin que por eso se le pueda nunca privar al señor Dupin del mérito de haber abierto esta primera y utilísima senda.

Ademas de la Geometría y de la Mecánica debe comprenderse la Física en la enseñanza que va á establecerse en Madrid. En esta parte el profesor intercalará en su lugar los puntos de esta ciencia que mas convengan al objeto, y se añadirán despues á la traduccion del *Curso Normal* que queda indicado.

AVISO DEL AUTOR.

Este curso empieza el jueves 11 de noviembre de 1824, se continuará todos los miércoles á las ocho y media de la noche. Su objeto es enseñar á los hombres mas inteligentes de los que ejecutan ó dirigen los trabajos de artes;

1º. Los procederes que la ciencia suministra para dar, á los productos de las artes, las formas y los movimientos que se necesita que adquieran;

2º. Los medios para emplear con mas ventaja las fuerzas del hombre y de la naturaleza con las herramientas, los instrumentos y las máquinas.

Esta division presenta dos partes: la primera tendrá la ventaja de servir para la inteligencia y explicacion de la segunda.

El curso que se dará este primer año no debe considerarse mas que como un ensayo, por lo que no debe esperarse ni un método perfecto, ni un todo que no deje nada que desear. Solo se tratará de decir cosas útiles; cuando tengan importancia se repetirán cuantas veces se juzgue necesario, á fin de que hagan mas impresion en la inteligencia y la memoria de los oyentes.

El profesor invita á los amantes de la ciencia y de las artes á que le dirijan por escrito las observaciones que juzguen oportunas, para perfeccionar un curso enteramente consagrado á la utilidad pública, y hará cuanto esté de su parte por adoptar los consejos que gusten comunicarle.

Para cada leccion se publicará de antemano un Programa impreso que el conserge del Conservatorio entregará á todos los que le pidieren.

Se consignarán en este Programa los principios esenciales que deben tener las personas que quieran seguir el curso.

OFRENDA

Á LOS ANTIGUOS DISCÍPULOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA.

Mis queridos compañeros: os dedico un servicio que vosotros podeis hacer á la Francia. Cuando unos sabios ilustres concibieron la idea del establecimiento de la escuela en que os habeis formado, en una sola mirada viéron las ventajas que las artes, empleadas en las obras públicas, sacarian de la enseñanza de las ciencias aplicadas á la práctica de las artes. Tributemos á la patria el beneficio de que somos deudores á nuestros maestros. Tomemos los elementos de las ciencias que nos han enseñado; tomemos las aplicaciones que nos han indicado para propagar su conocimiento en todos los ramos de la industria francesa.

No se encontrará un solo departamento en Francia en que no haya muchos de vosotros ocupando empleos honoríficos y dirigiendo encargos importantes, ó entregados á las tareas ó á los ocios de la vida privada. En todas estas circunstancias podreis concurrir al desempeño de un designio favorable á nuestro pais; los unos con la enseñanza; los otros con el consejo, y todos con la autoridad de vuestra opinion sobre semejantes objetos.

Hablaros de un beneficio que ha de hacerse á nuestra amada patria y deciros: »hélo ahí: de vosotros lo espera la Francia": este lenguage es el mas seguro con vosotros, y os ofenderia si añadiese una sola palabra para persuadiros mas.

Vuestro antiguo compañero = *Cárlos Dupin.*

A los fabricantes y directores de los talleres.

Siempre que se trata de hacer la corte á la industria francesa (porque se le hace la corte desde que ha llegado á ser tan poderosa) se proclama con entusiasmo esta

industria como superior á la de los demas pueblos. Si algun juez severo se atreve á ponerlo en duda, ó á creer que hay en alguna parte extrangera alguna superioridad de trabajos de que no hayamos triunfado todavía, el amor propio azorado, y mas que todo el interes inquieto, se declaran contra cualquiera que es tan mal frances que revela semejantes hechos, sean falsos ó verdaderos. Al mismo tiempo se clama contra el gobierno, quejándose de que obra con poca vigilancia para impedir la introduccion de los productos extrangeros en Francia; favor que en realidad no haria mas que colocarlos sobre el pie de igualdad con nuestros productos de iguales clases. Se clama igualmente contra el poder legislativo, porque no recarga con derechos exorbitantes unos productos extrangeros que no son dignos de mirarlos como iguales, ni menos como superiores á los nuestros por la menor de sus calidades: se clama en fin contra los consumidores por su fragilidad y poco patriotismo, pues tienen tentacion de preferir, y á veces prefieren los productos extrangeros á otros productos franceses, ó porque les parecen estos mas caros, ó de menos duracion, ó de menos lustre ó menos finos &c.

¿Pero acaso deberá creerse que el gobierno yerra, que el legisladór yerra, y que los consumidóres yerran? No por cierto.

El único medio que sea eficaz para hacer vanos todos los esfuerzos de los pueblos rivales, para destruir el contrabando, y no temer la concurrencia, es fabricar realmente mejor que todos nuestros émulos. Entonces no pediremos á la autoridad suprema que invente leyes fiscales que nos den la superioridad mercantil en el extrangero dentro de nuestro mismo pais, ni tratados que nos den la preferencia en otras naciones sobre unos antagonistas á quienes preferirán, á pesar de todos los tratados posibles, si nos llevan ventaja en su fabricacion.

Entre los medios mas seguros de adquirir este género de superioridad, se deben poner los que la geometría y la mecánica presentan para que los productos de la indus-

tria adquieran cualidades que los hacen desear, que son:

1ª La conveniencia rigurosa de las formas con arreglo al uso que han de tener los productos.

2ª La elegancia y hermosura de dichas formas, resultado de una eleccion atinada de las justas proporciones que ha de tener cada parte para concurrir á la perfeccion del todo.

3ª La exactitud de los dibujos, la continuidad bien distinta de los contornos y superficies, la exactitud de las uniones, la solidez de ellas, y el hermoso pulimento de las superficies.

Todas estas cualidades de los productos de la industria no pueden lograrse sino por los medios que suministran las reglas y métodos de la geometría.

Al propio tiempo es menester fabricar estos productos con herramientas, instrumentos, máquinas y motores que sean adecuados en su forma, fáciles en su uso, económicos en el empleo de la fuerza; porque este es el único camino que proporciona la baratura, sin la cual no puede conseguirse superioridad en la industria.

La mecánica bien aplicada es la sola que puede dar á estos medios de operar la excelencia á que son capaces de llegar.

En el dia no pueden perfeccionarse las artes en sus innumerables detalles, si las mejoras prácticas que aseguran el buen éxito de los mas felices inventos no dimanan de los mismos operarios, que á cada instante tienen que practicar y repetir todas las operaciones. Muchas veces la mayor ventaja de tales operaciones proviene de la destreza inteligente de las personas que las ejecutan. Es necesario pues que la inteligencia de los operarios esté bastante ejercitada para comprender cada método industrial en razon de su objeto, de su naturaleza y de sus consecuencias. Dar á los artistas el hábito de reflexionar sobre sus operaciones manuales, de apreciar las ventajas de ellas, y de discernir los defectos para buscar los medios de corregirlos, es el modo de proporcionar á la industria progresos esenciales é innumerables, que re-

dundarán en utilidad del fabricante, al cual estos artesanos consagran su fuerza y su saber.

Estas verdades las ha conocido bien un pueblo rival, y asi se ha dedicado á formar en favor de la clase menestral una enseñanza pública de los elementos de la geometría y de la mecánica, á la que ha unido los elementos de química y de física. En los cursos que estan abiertos para los artesanos de Inglaterra y de Escocia, se les presentan los principios y las aplicaciones de estas ciencias, explicados con la mayor claridad y sencillez, segun debe ser toda enseñanza destinada para un gran número de oyentes.

Es un deber nuestro, segun lo explico en el discurso que ahora presento; es un deber nuestro no quedarnos atrasados en semejante movimiento. No dejemos que crezca la distancia entre nosotros y nuestros rivales, que nos llevan ya alguna delantera: esto es un deber, es una utilidad, y es una necesidad.

Perfeccionando la industria se aumentará la cantidad de los productos, y con ellos las rentas del Estado, que se proporcionan siempre con esta cantidad: véase aqui la ventaja para el Erario.

Perfeccionando la industria la mano de obra bajará de precio, y los productos serán mas hermosos, con mas conveniencia: véase aqui una ventaja para los consumidores.

Obtenidos tales resultados se dan á la vez al público los medios y el deseo de multiplicar y variar los consumos: véase aqui una ventaja para el productor.

Finalmente con tales progresos puede el comercio entrar en libre concurrencia con la industria extrangera, y se acrecienta indefinidamente la venta de los productos nacionales: véase aqui una ventaja para los negociantes, y una nueva ventaja para los productores.

Tales son algunos de los beneficios que serán consecuencia necesaria de una enseñanza semejante á la de que vamos á presentar el modelo. ¡ Ojalá se abran cursos semejantes sin dilacion en nuestras mas industriosas ciuda-

des! Cada una de ellas recogerá frutos adecuados á sus necesidades. Tenga siempre presente Leon que puede perder su superioridad en la fabricacion de sedería, y que segun se dice hay franceses que se preparan para trasladar á Lóndres todo lo mejor que se hace en Francia en este artículo. Si á la tradicion de toda nuestra experiencia práctica añade Lóndres las luces de las ciencias aplicadas á las artes, y si Leon no sigue este camino, Leon quedará vencida; y Leon caerá como Damasco, Andrinópoli, Tiro, y tantas ciudades que florecieron todo el tiempo que conservaron la superioridad de sus tejidos y de sus colores; pero cayeron inmediatamente que otras ciudades les aventajaron en la industria.

Con la enseñanza de la ciencia aplicada á las artes *Saint-Etienne* encontrará nuevos recursos de rivalizar con *Birmingham*, *Ruan* con *Manchester*, *San Quintin* con *Glasgow*, *Burdeos*, *Marsella* y el *Havre* con *Hull*, *Dundee* y *Liverpool*. No hay una de nuestras ciudades que no encuentre, por medio de la misma enseñanza, algun recurso nuevo que aumente su bienestar, su poder y su esplendor.

Si he demostrado suficientemente la utilidad, la necesidad de la innovacion de que presento la idea, quedaré satisfecho de mis esfuerzos, y me entregaré á la esperanza. Un gobierno ilustrado se manifestará favorable á la enseñanza propuesta por su propio interes y por el de la industria. Los fabricantes se complacerán en contribuir á un mismo tiempo al aumento de su propio caudal y del bien público; reunirán sus votos, sus esfuerzos, y si es necesario sus sacrificios, para que sus ciudades respectivas disfruten de una enseñanza de que han de sacar abundantísimos frutos. Por último el amante de los hombres se regocijará solo con pensar que los progresos de las aplicaciones de la geometría y de la mecánica, dando mas parte al trabajo de las máquinas, hará que sean menos máquinas los operarios mismos, les proporcionará ocupaciones mas dulces y mas propias de un ser que ha recibido de Dios la razon, como el don mas sublime

para ejercitarla en favor de sí mismo y de sus semejantes.

Haciendo mas dichosa la masa de la poblacion le haremos mas grato al estado social en que la ha colocado la Providencia. De esta manera bendecirá al Monarca, bajo cuyo mando prospera la suerte de todos; se manifestará fiel y constante, como lo han sido las naciones en que llegando á hacerse popular el bienestar, se ha difundido este hasta las clases mas humildes.

PARTE PRIMERA.

LECCION I.

Discurso pronunciado por el baron Cárlos Dupin.

SEÑORES:

Cuando se empezaron á cultivar las ciencias, las tuvieron separadas de los usos ordinarios de la vida: encerradas en los gabinetes de algunos hombres ociosos pareció á otros que no eran mas que unas especulaciones inútiles del todo para las necesidades de la vida y para el auxilio de las artes. Desde aquel momento se formó la opinion de que las ciencias no tenian nada de comun con el trabajo de la industria, y que las concepciones teóricas no podian ser de ninguna utilidad, no solamente para el simple operario, pero ni aun para los directores de los talleres.

Es preciso confesar que las formas abstractas y difíciles de las explicaciones y demostraciones; las denominaciones extrañas que se daban á cosas que se debieran designar con la mayor sencillez posible, y que se envolvian con nombres latinos, arábigos y griegos; todo contribuia á que las ciencias no pudiesen ser inteligibles para los hombres que no se hubiesen dedicado á otros estudios. De ahi vino la idea tan propagada de que las ciencias no podian ponerse al alcance de las personas ocupadas en el trabajo de manos, y mas habituadas al ejercicio de sus miembros que á la cultura de su inteligencia.

Yo me propongo, señores, manifestar por el contrario que es posible reducir las partes útiles de la ciencia al lenguage comun que empleamos para expresar las ideas mas simples. Al lado de cada principio que presente, pondré el uso que puede tener, los servicios que puede hacer y hace en realidad, y la aplicacion misma que sin advertirlo haceis de este principio á cada paso.

Muchas veces descubriré que ya sabeis lo que yo os he de enseñar; y que en vuestras operaciones mejor combinadas obedeceis por instinto, ó por observacion, ó por la fuerza de las mismas cosas, á las reglas que la ciencia dicta. No por eso habeis de creer que de nada os servirá el conocer la expresion clara y puntual de tales principios, pues entonces incurririais en un error que os seria perjudicial.

Los principios de la ciencia son verdades reducidas con exac-

titud al menor número posible de palabras; verdades que expresan la relacion necesaria que existe entre los objetos de nuestras concepciones ó de nuestros trabajos. Cada una de estas verdades es susceptible de una multitud de aplicaciones; y lo que mas os importa aprender es el modo de hacer estas aplicaciones. Con este conocimiento, en todos los casos nuevos que se presenten, sabreis de antemano lo que será mas ventajoso para ponerse en práctica: por consiguiente no tendreis necesidad de buscar, de tantear, ni perder el tiempo ni la materia. Tendreis una guia fiel para poder hacer las cosas mejor, y para ejecutarlas con mas seguridad.

La mecánica, tal como yo os la debo enseñar en este curso, no es solamente la ciencia que explica los movimientos de las máquinas; sino que explica las reglas y leyes de toda accion en que se emplea una fuerza grande ó pequeña, de toda accion en que hay movimiento lento ó rápido. Como no podria haber trabajo sin movimiento y sin fuerza, veis desde luego que el trabajo de cualquiera profesion pertenece al dominio de la mecánica. Asi pues explicaremos los principios y las reglas del trabajo de las máquinas, del trabajo de las herramientas, del trabajo de las manos y de los miembros del hombre, que son los instrumentos mas preciosos con que la naturaleza le ha gratificado.

Tal vez se me hará una objecion bastante natural: ¿tendrá la presuncion de querer enseñarnos á trabajar un profesor que no pertenece á ninguna de nuestras profesiones? ¿querrá enseñarnos á tomar bien las herramientas y á manejarlas con destreza, cuando probablemente no sabrá ejecutar el mas pequeño de nuestros productos?

Hay prácticas manuales que cada uno de vosotros sabe ejecutar mucho mejor que yo; y lejos de querer enseñarlas iria á aprenderlas de vosotros si tuviese que hacer uso de ellas. Pero hay medios generales de mejorar vuestros trabajos, los cuales no dependen de este ó el otro arte en particular; hay medios que importa á todos conocer, y de que solamente conoce una parte de ellos cada uno de vosotros. Veis aqui los medios que toca al profesor reunir para comunicároslos, y ellos serán la materia de mi curso.

Veamos pues qué direcciones generales podremos dar á vuestra enseñanza para que podais ejecutar con perfeccion los productos de la industria.

Si estos productos han de tener cierta figura que se pide, ó un tamaño determinado ó proporciones indispensables, ó un peso señalado, teneis necesidad desde luego de tomar medidas; de tomarlas de lo largo, del ancho y grueso, y en varias di-

recciones paralelas, oblicuas ó perpendiculares &c. En otros casos teneis delante un modelo, pero unas veces el modelo es mas pequeño, y otras veces es mas grande que el objeto mismo que se ha de ejecutar. En tal caso hay reducciones que hacer, y la ciencia os dará los medios de hacerlas. Por aqui veis ya que para ejecutar una obra encargada necesitais tener medidas muy exactas, debeis conocer las divisiones y el uso del *metro*, de la *litra*, del *kilograma*. Yo os explicaré estas medidas, su uso, y las ventajas de facilidad y uniformidad que presentan.

Es menester poseer algunas nociones de geometría elemental para tomar y trasladar las medidas de un objeto sobre un plano y de un plano sobre un objeto. Son menester tambien otras nociones geométricas para comprender la forma de ciertos productos de la industria y los movimientos de las máquinas. Yo os explicaré las que me parezcan indispensables.

Si en las artes se ejecutase todo con la regla y el compas, bastarian estos conocimientos de medidas y de geometría; pero hay muchas formas que no se pueden trazar asi por movimiento maquinal. Tales son los contornos de ciertos vasos, los adornos de algunos frisos y de algunos capiteles de arquitectura; tales son tambien los árboles, las flores &c. cuando se han de estampar, grabar ó esculpir sobre madera, metal, telas &c. El trazado de estos objetos requiere que se sepa el dibujo, el cual se refiere ya á la figura, ya al adorno ó al paisage, segun la naturaleza de los objetos que el artista se ha propuesto representar. En todos estos géneros de dibujo hay medios de perfeccionar la vista por la mano, y la mano por la vista: medios preciosos que los artistas necesitan conocer. Yo los he estudiado y procuraré explicarlos.

Hasta aqui nos hallamos todavía en los preparativos del trabajo mismo empleado para ejecutar los productos de la industria. Este trabajo se ejecuta unas veces con la fuerza de las máquinas, otras veces con la fuerza de los obreros, y las mas veces con las dos fuerzas combinadas.

El trabajo que se hace sin instrumentos es el mas limitado; tal es el trasportar fardos cargándolos sobre la cabeza y sobre los hombros; tal es tambien el del panadero que amasa el pan con sus manos, tal el del pisador que pisa con los pies las uvas &c. Esta parte de las artes es la mas limitada en el círculo de sus ocupaciones, y exige muy poca inteligencia, al mismo tiempo que hace mas uso de nuestra fuerza meramente animal. Tal es la razon de que las profesiones de esta clase se miren como el grado mas bajo de la industria humana.

Aqui, señores, conviene advertir cuánto tienen que agradecer los obreros á la mecánica. Tiene esta por objeto libertarlos

de ese trabajo abrumador en que el hombre no puede obrar sino á la manera del caballo, del asno ó del buey para arrastrar, tirar ó llevar los fardos. Ocúpase con fruto en buscar en favor del hombre industrioso un trabajo menos embrutecedor, en donde la fuerza del ingenio y la del cuerpo se presten socorros una á otra, y ambas encuentren alivio.

Comparemos por ejemplo dos populosas capitales: la una en donde sus habitantes se proveen del agua necesaria en sus casas, haciéndola traer por aguadores; la otra que la tienen por medio de encañados y acueductos, de bombas ó de máquinas de vapor &c. En la primera ciudad son necesarios un gran número de hombres para llevar el agua desde el rio á las casas con cántaros ó cubos incómodos y pesados. El aguador es regular que procure buscar algun arbitrio mecánico para hacer menos pesada la fatiga. Tendrá pues dos cubos de igual cabida colgados por los dos lados de un aro, con lo cual los pondrá en equilibro por medio de una correa que pase por los hombros. De esta manera llevará los dos cubos con mas facilidad y con menos estorbo que llevando uno solo con una mano: en efecto, si no hubiese tenido el aro habria tenido la incomodidad de separar los brazos de la posicion vertical, para que los dos cubos no viniesen á pegarle sobre las piernas por el efecto de su peso; pero el aro descompone la incómoda presion de este peso para acomodarla al paso del aguador.

Vemos pues cómo este hombre puede doblar la cantidad de agua que lleva á las casas sin mas que hacer uso de un medio sencillo. El auxilio de las máquinas le proporcionará otros resultados mayores. Supongamos que emplea un tonel que contenga 32 ó 36 cubos de agua, y que lo coloque sobre un carreton con dos ruedas. Al punto y sin mas fatiga trasportará 16 ó 18 veces mas agua por la ciudad que antes con la correa, y 32 á 36 veces mas que con un solo cubo en una mano. Ciertamente que esto parecerá un grande beneficio debido á una de las máquinas mas sencillas.

Sin embargo la cubeta ó tonel no servirá mas que para llevar el agua hasta las puertas de las casas. Pero es muy fatigoso subir dos cubos hasta los pisos mas altos de las casas, especialmente en una ciudad en que suele haber casas con siete y ocho pisos.

Trasladémonos ahora á la ciudad en donde viene el agua hasta los tejados de las casas por los medios que proporciona la hidráulica, que es la parte de la mecánica que emplea el agua como agente ó como objeto. Al instante veo cambiada la ocupacion de muchos millares de hombres que antes se empleaban como animales de carga ó de tiro, en otra menos penosa, la

cual da trabajo á una multitud de artistas hábiles. Los albañiles, los canteros, los aparejadores y los ingenieros van á ejecutar los canales y acueductos por donde ha de venir el agua hasta la ciudad. Los trabajadores de las minas, los fundidores, plomeros y otros van á preparar, asentar y soldar los tubos de madera, de hierro ó de plomo que han de conducir y distribuir el agua. Finalmente, unos celadores para cuidar de la distribucion, y unos hombres que no tienen mas trabajo que dar vueltas á ciertas llaves en horas determinadas del dia, van á ocupar el lugar de los aguadores y ahorrar este trabajo penoso.

Si el agua de los canales y de los acueductos no está naturalmente alta se construirán bombas para levantarla lo necesario; mas en lugar de fatigar á los hombres en andar una rueda, como lo hacian los esclavos en tiempo de los romanos, se pondrán máquinas de vapor: se emplearán operarios, ya para atizar el fuego, ya para abrir y cerrar ciertas llaves. Con estas ocupaciones fáciles y suaves arreglarán con precision el movimiento de la mas grande fuerza mecánica.

Para poder fabricar estas bombas y estas máquinas de vapor serán menester ingenieros y operarios muy hábiles que tengan invencion natural y destreza en la ejecucion; se necesitarán hombres que sepan dibujar las varias piezas de una máquina complicada para que obre con la ventaja que resulta de la exactitud. Todos estos artistas, repito, estarán en ejercicio para reemplazar el tonel grosero y el trabajo penoso de los acarreadores de agua.

Veis aqui, señores, en esta mudanza debida á la mecánica, como las ocupaciones rudas del trabajador se convierten en ocupaciones mas inteligentes, mas suaves y mas dignas de la especie humana. Reconoceis conmigo que la ciencia que proporciona estos beneficios á la sociedad, es esencialmente amiga de la clase trabajadora, y da un noble realce á las ocupaciones del artista, que nos consagra sus fuerzas corporales ayudando á sus esfuerzos físicos con todos los medios del ingenio fecundado por el saber.

La única cosa que puede afligir al amante de la humanidad es la dificultad de que una grande mejora, semejante á la de que os acabo de dar idea, se realice por la mecánica, sin que por algun tiempo quede cierto número de operarios en la necesidad de abandonar su ocupacion antigua y de buscar otra nueva. En tal caso es menester acudir generosamente al socorro de estos pobres trabajadores, víctimas inocentes de una mudanza que redunda en utilidad de lo restante de la sociedad. En tal caso el talento puede hacer un grande y noble uso de sus recursos inventivos para descubrir nuevos medios de emplear

las clases desocupadas, á fin de hacer otra vez útiles los individuos de estas clases á sí mismos, igualmente que á la sociedad, abriendo una carrera nueva á la industria.

Séame permitido citar un beneficio de esta clase, que se debe á mi antiguo maestro y amigo el señor de Prony. El nombre de tan célebre ingeniero se repetirá mas de una vez en un curso de mecánica aplicada á las artes.

Habrá como 30 años que el gobierno encargó á Mr. de Prony la composicion de grandes tablas de logaritmos para erigir á la ciencia de los números un monumento mas magnífico que todos los que hasta entonces se habian levantado. Era muy facil dar semejante orden, pero ¿cómo se habia de poner en ejecucion? ¿cómo reunir bastantes personas inteligentes y colaboradores hábiles que bastasen para todas las operaciones de esta empresa inmensa?

En aquel tiempo hubo una gran mudanza en el peinado de los hombres y mugeres, el cual quedó reducido, como dicen los geómetras, *á su mas simple expresion.* Un peluquero bastaba para el trabajo en que antes se ocupaban diez, quedando una multitud de peluqueros sin medios de mantenerse. Mr. de Prony tuvo la idea de trasformar estos peluqueros en calculadores, y que concurriesen á la ejecucion de sus grandes tablas. Para esto dividió y subdividió su trabajo, preparó sabios cuadros que se podian llenar sin saber mas que sumar; puso sus peluqueros á trabajar; les dió que comer, y logró su objeto, que era ejecutar las mas hermosas tablas de logaritmos que hay en todo el universo. Loor á la ciencia que concurre á los progresos del espíritu humano, extendiendo una mano generosa para socorrer á los desgraciados.

Volvamos á la clase sin ocupacion por alguna grande revolucion de las modas ó de la industria. En tal caso es menester que se valga de la actividad, de su cuidado y de su energía para crearse ocupaciones nuevas. Muy en breve, no lo dudemos, el deseo tan natural y tan laudable de tener lo bastante, de vivir de su trabajo y de mejorar su suerte, excitará á los obreros de esta clase á buscar y encontrar medios de emplear su fuerza y su inteligencia por caminos menos penosos y menos maquinables. Al fin bendecirán la mudanza misma que los sacó de los trabajos duros y rudos para darles otras profesiones en que pueden hacer uso de la facultad de pensar. Esta multitud de hombres robustos, ociosos antes, y que luego refluyen en los otros ramos de la industria, aumentan la potencia de la produccion, y de esta manera la mejora que recibe un solo arte contribuye por fin á los adelantamientos de una multitud de otras artes.

Veis, señores, que en resolucion los progresos de la mecánica aun los que parece que rivalizan directamente con el empleo de la fuerza humana, lejos de deberlos considerar como enemigos de la clase trabajadora, y como que quitan el pan á las familias pobres, producen por el contrario el resultado de hacer mas dulce la vida, y proporcionar mas comodidad á la clase laboriosa.

Estas verdades, que yo no temo afirmar en este lugar, han recibido de la experiencia una confirmacion que no deja la menor duda en esta materia. Cuando el telar para tejer medias se puso en uso, privó repentinamente de trabajo á muchísimas personas que ganaban su vida haciendo media de punto de aguja. Estas personas prorumpieron en amargas quejas, y pasando de los clamores á los hechos, empezaron á romper los telares que les quitaban el trabajo. Pero los telares hechos pedazos arruinaban á los dueños de fábricas, sin que por eso tuviesen estos dueños mas medios para mantener los operarios; y asi quedaban unos y otros reducidos á la miseria. Al fin el orden se estableció; los telares mecánicos prosperaron, y las personas que ganaban algunos sueldos al dia haciendo punto de aguja á la mano desde la mañana hasta la noche, precisados á dejar esta ocupacion miserable, hallaron en los progresos de la industria otras ocupaciones mas lucrativas. En otro tiempo la Normandía estaba llena de gentes que pasaban la vida haciendo media, y no ganaban para poder gastarlas, á pesar de que las hacian. En el dia que hay telares no hay nadie en Normandía que no gaste medias.

Puedo presentaros un ejemplo grande y una prueba irrefragable que se encuentra en el pais en donde la sustitucion de las máquinas al trabajo maquinal del operario ha hecho los progresos mas grandes y mas rápidos. Sin duda habreis oido decir que de todos los paises civilizados, la Inglaterra es el que tiene mayor número de pobres, y que esto dimana de la falta de ocupacion que causan las máquinas. Los hombres mas sabios y mas hábiles han caido en este error, á pesar de las refutaciones luminosas que se deben á algunos excelentes observadores [1].

De algunos años hasta ahora he procurado manifestar, tanto por el raciocinio [2] como por el cálculo, lo mucho que se separaban de la verdad los que admitian semejantes opiniones;

1 Yo debo citar en primer lugar á J. B Say.

2 Particularmente en un discurso *sobre las ventajas de la industria y de las máquinas en Francia y en Inglaterra*; discurso pronunciado en la sesion general de las cuatro academias del Instituto de Francia el 24 de abril de 1821.

pero las demostraciones mas convincentes cuando rebaten opiniones generalmente extendidas y preocupaciones arraigadas de largo tiempo, no hacen impresion en los ánimos donde las repugna la prevencion. El único argumento que en tal caso parece posible que tenga alguna fuerza es el de los hechos. Por fortuna en cuanto á pobres y máquinas os puedo presentar algunos de este género, y espero que obrarán en vuestros ánimos una plena y entera conviccion.

El parlamento de Inglaterra ha tomado razon exacta del número de pobres, y de las cantidades que se les dan con el nombre de socorros públicos por medio de lo que llaman contribucion de los pobres. Se ha hecho esta operacion en tiempo de paz y en tiempo de guerra. Despues se ha calculado condado por condado, de una parte el número total de pobres, y de la otra la cantidad total que se les da.

El parlamento de Inglaterra ha hecho imprimir los resultados de este trabajo. Se advierte con cierta sorpresa que los condados mas recargados con la contribucion de los pobres estan principalmente dedicados á la agricultura, siendo asi que los menos recargados se dedican principalmente á la industria fabril, y son donde hay mas de esas grandes máquinas que se cree quitan el trabajo á una multitud de operarios.

Durante la guerra en 1811 nueve condados de los mas dados á la agricultura pagaban á los pobres una contribucion media equivalente á unos cien rs. vn. *por cabeza*, suponiendo esta cantidad recaudada de todos los habitantes de los nueve condados. En la misma época nueve condados de los mas fabricantes pagaban para los pobres una contribucion igual solamente á unos 45 rs. vn. Durante la paz en 1821 los nueve condados agrícolas pagaban unos 75 rs. vn. por cabeza para los pobres, y los nueve condados fabricantes no pagaban 36 rs. vn.

Estos hechos hablan, señores: ellos prueban la grande utilidad de las máquinas para los operarios, asi como para los pobres mismos; la prueban tanto mejor cuanto ha largo tiempo que los operarios y los pobres de los condados fabricantes no son los que van á ganar su vida en los condados agrícolas, sino al reves, la gente del campo es la que va á las ciudades á buscar medios de vivir por no suministrárselos la industria.

Yo confieso que tenia necesidad de daros esta prueba, y dármela á mí mismo. Yo me avergonzaria de profesar una ciencia, cuyos progresos causasen el detrimento de la parte menos dichosa de la sociedad; y renunciaria á propagar los descubrimientos que hacen el mayor honor al ingenio de los inventores, si tales descubrimientos no fuesen favorables á la felicidad de la especie humana. Por el contrario me siento animado de nuevo

valor, cuando las verdades de la ciencia se presentan á mi vista como medios seguros y poderosos de aumentar el bienestar y la dignidad de los ciudadanos de toda clase.

No me basta haberos probado que en Inglaterra toda la clase trabajadora, aunque prodigiosamente aumentada desde principios del siglo, ha ido teniendo cada vez menos necesidad de que la socorra la clase opulenta de la sociedad: debo mostraros en que consisten las mudanzas ocurridas en la situacion moral de los hombres que se dedican á la industria. De este modo me prometo inspirar á nuestros conciudadanos que viven de su trabajo, una generosa emulacion y un deseo de no quedarse atras de nuestros rivales en la carrera de las mejoras. Los hechos que voy á referir ofrecerán ademas á los dueños de los grandes establecimientos industriales que honran esta primer leccion con su presencia, ejemplos dignos de ser practicados en sus talleres y fábricas.

En otro tiempo la clase trabajadora de la Gran Bretaña, y aun las mas altas de la sociedad, se daban mucho á la embriaguez: infestaba y degradaba este vicio á todas las clases, desde el lord al artesano y desde el general hasta el simple soldado. Hoy se ha disminuido mucho semejante vicio, no solo en las clases elevadas, sino que casi completamente ha desaparecido en las profesiones en que los artesanos han conocido la necesidad de instruirse.

Tal es la mejora que principalmente se observa en los operarios empleados en fabricar máquinas, gente que por lo comun sabe leer, escribir y contar, y muchos conocen los primeros elementos de la geometría como tambien de la mecánica.

Muchas son las ventajas morales que se han seguido de no embriagarse. Con la templanza han adquirido los artesanos la posibilidad de ser económicos; han entrado á calcular sobre lo por venir; han conocido que el trabajo podia suministrar lo bastante á su existencia presente y futura. Se han habituado á imponer en bancos de economía el sobrante de sus salarios, en tiempos en que el trabajo abunda y se paga bien, para ocurrir á sus necesidades cuando llegue á escasear ó sea poco productivo, y para el caso en que esten enfermos ó imposibilitados. Asi se observa que estan hoy mejor vestidos que antes, y que tienen mas aseo y limpieza en sus vestidos y ropa blanca. Su moral se ha perfeccionado igualmente. Se han acostumbrado á la prudencia y moderacion, al mismo tiempo que á la prevision. En una palabra, se han hecho mejores hombres por todos aspectos. Animados de un nuevo espíriru han adquirido el noble sentimiento de bastarse á sí mismos, y libertarse para siempre de la degradacion de recurrir á la mendicidad, á las limos-

nas que se dan sobre el impuesto de los pobres.

Algunos observadores curiosos han notado que en Londres ninguno de los operarios empleados en las artes y oficios pide limosna, ni sufre tampoco tal degradacion de su muger ni sus hijos. Con esta altivez que hace tolerar la indigencia y todas las privaciones de la vida, antes que alargar la mano á pedir socorro sin haberlo ganado, se puede muy bien explicar, por qué en una ciudad como Londres, en donde el alimento y la casa son tan costosos, en donde se reunen tantas causas de miseria en medio de tanto lujo, no sube el contingente de los pobres de la ciudad tanto, ni aun la mitad, que el de los mas ricos condados agrícolas. Una informacion (*inquest*) del parlamento, que aun no está acabada, pero de que ya conoce el público una parte, nos presenta sobre la mejora de la clase industrial, hechos auténticamente probados y dignos de nuestra atencion. Hé aqui el resúmen del interrogatorio de uno de los principales fabricantes de máquinas en la ciudad de Londres.

» De treinta años á esta parte, dice Mr. Gallovay, los modales y carácter de los operarios ingleses han experimentado grandísima mejora. Su conducta se ha ido haciendo mas ejemplar, á medida que su instruccion se ha aumentado. En mis talleres, prosigue este hábil mecánico, ve aqui el uso que he adoptado. Como yo dirijo mis trabajos por medio de planos y descripciones, no puede servirme un operario que no sepa leer y escribir. Asi pues al que se presenta sin esta precisa condicion á pedir trabajo, desde luego se le dice que es imposible admitirle. Si sabe leer y escribir se le pregunta entonces de dónde viene, quién es, qué garantías puede dar de su carácter, y no se le emplea si á estas preguntas no responde de un modo satisfactorio."

Por este método tan prudente, el fabricante de quien hablo ha hecho general entre los operarios que tiene á sus órdenes una conducta tan regular y moderada como entre las gentes de clase mas elevada. Tiene prohibido en su fábrica todo lenguage obsceno ó grosero; y los operarios mismos imponen multas á aquellos de sus compañeros que no se portan como es debido. Estas reglas han mejorado gradualmente su carácter; y la experiencia ha hecho ver en general por una parte que los hombres mas instruidos son los que siempre han tenido mejor conducta, y se han conformado puntualmente á las reglas del establecimiento; por otra, que los mas ignorantes son los mas refractarios, los mas obstinados y difíciles de dirigir.

» Mis operarios, añade el mismo, no recurren al contingente de pobres: se creerian deshonrados en recibir semejante limosna, teniendo salud y trabajo." Es de notar que este con-

tingente es inútil en los talleres de tan hábil fabricante, pues ha establecido en ellos un fondo para socorrer á los que caigan enfermos, reteniendo cada semana doce sueldos de la paga de cada operario; y cuando enferma uno de ellos se le dan de este fondo 25 francos por semana. Los simples jornaleros ó peones no pagan mas que la mitad, y tampoco reciben mas que la mitad cuando estan enfermos. Todos los años por Navidad los operarios nombran inspectores que examinen las cuentas de la asociacion: si despues de los gastos hechos resulta algun sobrante, se reparte entre todos los operarios á proporcion de lo que hayan contribuido; y solo por el establecimiento de esta caja se prefieren los talleres de que hablamos á los demas que no la tienen. Si queremos saber las ventajas que este fabricante tan ocupado de la suerte de sus operarios, de su instruccion y bienestar, ha sacado de su celo verdaderamente honroso á la humanidad, nos bastará citar una sola de las preguntas que le hizo la junta especial de la cámara de los comunes, á la cual fue llamado.

»¿Por qué medios obligais á vuestros operarios á cumplir la contrata que os hacen cuando á ello se niegan? — En estos doce años, respondió, no hemos tenido disputa alguna sobre interes, no obstante de emplear en este tiempo de 1[illegible] á 1500 personas." Semejante respuesta es la mas bella apología de los principios adoptados por Mr. Gallovay para dirigir sus labores é instruir sus operarios.

Muchas otras fábricas de máquinas se han gobernado bajo estos mismos sábios principios; y en todas partes han surtido los mismos saludables resultados. Sin embargo hay todavía algunos establecimientos mal dirigidos en cuanto á esto, que conservan la rutina y numerosos defectos que habia en los talleres ingleses hace 30 ó 40 años. Pero sucesivamente van disminuyéndose con la fuerza del buen ejemplo; y llegará tiempo en que la industria británica no gobierne sus operarios mas que por inteligencia y sentimiento, y no por temor ó preocupacion.

Examinemos ahora la clase laboriosa bajo el aspecto de los progresos de su instruccion.

Desde 1817, cuando visité la Escocia, me causó admiracion en todas partes la instruccion que generalmente se ha extendido en esta clase interesante, de que he citado numerosos y notables ejemplos. He procurado llamar la atencion pública hácia una institucion, cuya importancia he conocido, á saber: una escuela de teoría de las artes mecánicas y químicas, destinada no solo á los gefes de los talleres y ricos fabricantes, sino tambien y mas principalmente para los simples obreros. He

mostrado los ventajosos efectos producidos por esta institucion en la industria de la ciudad de Glasgow [1].

El modelo ofrecido por la institucion Andersoniana de Glasgow está ahora imitado en Londres, Edimburgo, Aberden, Leeds, Manchester, Birminghan, Newcastle, Liverpool, Lancaster, y sucesivamente lo será en todas las ciudades de la Gran Bretaña.

Hoy los operarios ingleses estan bien penetrados de la gran utilidad de los conocimientos científicos para guiarse en la práctica de los trabajos que deben ejecutar. La mayor parte de ellos, volvemos á decir, saben leer, escribir y contar: y aun muchos dibujan correctamente las máquinas ó los objetos que fabrican, y dan geométricamente los alzados, plantas y cortes. Leen obras periódicas publicadas sobre el arte que les es peculiar, y obras técnicas que se van dando pliego á pliego por dos, cuatro ó seis sueldos á la semana. En especial citaré el *almacen del mecánico*, del que salen 20 páginas por semana, y el *diario del químico* que se publica en cuadernos de 20 páginas con la misma equidad.

Al doctor Birbeck, profesor de mecánica en la institucion Andersoniana, debe la Gran Bretaña la instruccion científica extendida en la clase fabril. El primer prospecto del curso que abrió para esto en la ciudad de Glasgow contiene ideas y reflexiones tan exactas como profundas: su utilidad me impele á que os las comunique. Yo procuraré hacer con vosotros lo que este sabio profesor escoces ha logrado hacer con sus discípulos.

» Voy, dice, á abrir un curso elemental para la instruccion de los artistas. Haré que tenga mas extension otros años si logra buena acogida de las personas á quien le destino. Me propongo dar lecciones sobre las propiedades mecánicas de los cuerpos sólidos y fluidos con numerosos experimentos, procurando la mayor sencillez en la expresion, y eligiendo ejemplos familiares para hacer sensibles las reglas generales. Procuraré explicarme de manera que me entiendan las personas que practican las artes mecánicas, las personas que por su situacion no han podido en su juventud recibir la menor tintura de los conocimientos científicos, y las personas que en edad mas adelantada, no habiendo podido ganar sino lo necesario para sí y su familia, no estaban en disposicion de adquirir un saber que apetecian por impulso natural y por una curiosidad demasiado

1 Las observaciones que hice en 1817 se tradujeron en ingles, y se han insertado en varios periódicos; han servido para dar á conocer en Inglaterra el mérito de la institucion Andersoniana de Glasgow y de su enseñanza popular.

activa que no pudo del todo ahogarla la indigencia. No me saldrá fallida la esperanza de que con el curso que me propongo, será conducido un artista á descubrimientos importantes y esenciales á su profesion. Sé bien que las invenciones y mejoras mas notables en las diversas partes de las artes mecánicas han sido y continuarán siendo fruto del estudio de los defectos prácticos, seguido de una aplicacion de medios teóricos convenientes, indicados igualmente por observaciones prácticas para ocurrir á los defectos ó hacerlos desaparecer. Sin embargo, estoy persuadido de que seria un gran placer para el operario en el ejercicio de su arte, y que la ociosidad de su inteligencia cuando deja de trabajar, la remplazará una agradable actividad del ingenio con el socorro de algunas ideas teóricas, en que podria reflexionar á sus horas de descanso. Por otra parte es indudable que un artista al ejecutar una máquina tendrá mas satisfaccion cuando entiende bien el principio y movimientos, que cuando solo sabe las manipulaciones necesarias para fabricarla. Yo mismo he observado frecuentemente con cuánto mas ánimo y alegría se emprende una obra cuando se hace con entero conocimiento de las ideas que á ella se refieren.

» Acaso algunas personas mirarán como de corta consideracion las ventajas de estas lecciones; aun quizá las miren como desventajosas, á causa de la extension y variedad de asuntos que abrazan; y sobre todo, porque los oyentes naturalmente atraidos á tales lecciones no tienen la facilidad ni medios que se suponen indispensables para cimentar sobre los principios elementales que se les enseñan, las vastas indagaciones de los ilustres filósofos, indagaciones que han extendido los límites de la teoría. Sin embargo de cuanto ha podido hallar la arrogancia del eminente saber en contra de los conocimientos superficiales; no obstante mi firme persuasion de que el pueblo en masa no puede ser profundo en su instruccion; no dudo pronosticar que resultará una gran ventaja á la sociedad de todo esfuerzo habilmente dirigido á diseminar las luces de aquellas grandes obras que no pueden ser consultadas por toda una poblacion, y con la mira de propagar esta sustancial instruccion hasta la tienda, hasta la choza; á fin de que unas verdades tan grandes y sublimes se trasformen de su esplendor improductivo en modesta pero útil y fecunda actividad."

Veinte y cuatro años de experiencia han demostrado lo excelente de estas ideas y lo exacto de estas esperanzas: los operarios de Glasgow son hoy de un saber práctico y una habilidad que les hace famosos en toda la Gran Bretaña. Me persuado que empleando medios análogos con los hombres industriosos de Francia, se lograrian progresos mas rápidos. ¿Quién pue-

de dudar de la inteligencia del artista frances, y su aptitud para comprender los objetos que se le presentan? En los trabajos que por mucho tiempo he estado dirigiendo en el seno de nuestros mas activos arsenales, he tenido ocasion de convencerme de ello por mí mismo.

Los operarios que he formado me han servido para ejecutar los experimentos científicos sobre la fuerza de las maderas, que hice siguiendo mis propias indagaciones, ó á peticion del gobierno, en Tolon, Corfú y Dunkerque. Estos operarios comprendian perfectamente los medios geométricos y mecánicos que les explicaba; aprendian á servirse de sus facultades intelectuales, y aun llegaban á perfeccionar los medios de ejecucion que se les indicaban. Han contribuido al éxito de mis experimentos, como al de los trabajos de muchos otros ingenieros que podria citar: lo cual nos prueba que los operarios franceses no ceden en nada á los de ninguna otra nacion en su facilidad de comprender los principios de la ciencia y aplicarlos.

Los operarios que mis compañeros y yo instruiamos asi durante la guerra ultima, no eran hombres elegidos desde la infancia para tener un aprendizage mas especial: eran artesanos casualmente tomados de la conscripcion; eran simples herreros, carpinteros, herradores, apenas acostumbrados mas que á los trabajos groseros de los lugares ó del campo. Por la tarde les haciamos aprender á leer y escribir: por la mañana á trazar navíos. Vais á ver señores cual ha sido el fruto del trabajo que se tomaron los antiguos discípulos de la escuela politécnica.

Durante la última guerra que la Francia ha sostenido contra la Inglaterra, los ingenieros de marina habian recibido de la conscripcion 60 operarios, ignorantes la mayor parte, y que apenas sabian hacer mas que obra grosera: á la vuelta de un año, gracias á la instruccion que les dimos, ya no eran los mismos hombres, ya podian dirigir los mas vastos trabajos. En solo el puerto de Amberes construian una escuadra entera, ponian á la vez en grada 20 navíos de dos y tres puentes; y cuatro años despues habia al mismo tiempo 20 navíos flotantes, y otros 20 que los reemplazaban en las calas de construccion.

Tuvo el ejército de tierra necesidad de nuestros servicios; y estos mismos operarios construyeron sobre el Danubio, enfrente de Essling y de Wagram, bajo el fuego del enemigo, los puentes necesarios para el paso de un inmenso ejército. Este grande trabajo se concluyó con la misma serenidad, rapidez y precision matemática que se podria esperar de los hombres mas hábiles, que trabajasen con la mayor seguridad, y sin que nada tuviesen que temer.

Lo que los ingenieros de la marina han hecho para formar en las artes náuticas 6U obreros, sacados por la conscripcion de todos los departamentos de la Francia, de las profesiones mas vulgares, lo podemos hacer con igual éxito en las artes civiles.

Pronto daremos una ojeada sobre los resultados probables de tales mejoras en la instruccion de las clases industriosas de la sociedad. Solo decimos aqui que por este medio se darán facilidades á muchos hombres que han recibido de la naturaleza un raro ingenio; y diremos tambien que con descubrimientos mecánicos podrán ejercer en su pais la mas saludable influencia.

Para mudar la faz de un gran ramo de industria, para abrir al comercio de un pueblo nuevas fuentes de riqueza y prosperidad, á veces ha sido bastante perfeccionar un solo instrumento, una sola máquina. Inventan el telescopio dos artistas holandeses, y pronto se descubren nuevos cielos, se ven los satélites de distantes planetas; el sistema del mundo es conocido en sus leyes; se proporcionan al navegante medios de observacion; y la ciencia, artes y comercio hacen un adelanto inesperado, por consecuencia de un primer descubrimiento mecánico.

Wat mejora la máquina de vapor, y esto solo hace dar un paso inmenso á la industria de Inglaterra. Esta máquina representa hoy la fuerza de 300U caballos, ó de dos millones de hombres fuertes y robustos, que dia y noche trabajasen sin descansar para dar aumento á la riqueza de un territorio que á lo mas es como la tercera parte de Francia.

Imagina un peluquero, ó al menos pone en uso un torno de hilar algodon: solo esto da á la industria británica una inmensa superioridad. A los 50 años de este descubrimiento mas de un millon de ingleses se han empleado en los trabajos que directa ó indirectamente dependen del movimiento de esta máquina. La Inglaterra en fin exporta por 400 millones de francos de algodones hilados y tejidos por un admirable sistema de máquinas. La India, tan superior á la Europa, la India que hace 3U años que está inundando el occidente con sus productos, y que se llevaba los tesoros de la Europa, perdió ya esta ventaja.

El navegante británico va á buscar los algodones de la Asia, los trae de 4U leguas de distancia á la máquina de Arckwright y otras que de esta dependen, vuelve á llevar estos productos al oriente; y sin embargo de la pérdida de tiempo y de los enormes gastos que se necesitan para este viage de 8U leguas, los algodones elaborados en Inglaterra vienen á ser menos costosos que los de la India, hilados y tejidos á mano, cerca del

campo que los ha producido, y vendidos en el mercado mas inmediato: tal es la influencia de los progresos de la mecánica!...

Ahora pues, señores, me atreveré á decir á los hombres que no ven sino meras máquinas en las clases laboriosas: yo conozco una máquina mas poderosa aun que la de Wat, mas inteligente que la de Arckwright, y mucho mas susceptible de perfeccion. El universo entero no posee 2U máquinas de Wat y 10U de Arckwright; yo conozco una especie, de la cual habrá en la tierra 1U millones de copias. Las máquinas de vapor de todo el universo no representan una fuerza superior á la de 400U caballos, y yo conozco una que por su multiplicacion representa la fuerza de 100 millones de caballos.

¿Cuál es pues está máquina? ¿Será preciso decirlo, adoptando un vergonzoso lenguage? El hombre.

Solo estas comparaciones bastarian para mostrar la ventaja material y pecuniaria de mejorar la facultad productiva de la especie humana: aun á los ojos de aquellos seres orgullosos que no miran sino como máquinas ó bestias de labor á los individuos de la clase fabril. Pero hay otras consideraciones mas nobles que guien al hombre de estado, inspiren al amante generoso de la humanidad, é imperen en las almas religiosas que en todas las clases de la sociedad ven simples mortales, llamados por el Señor del universo á futuros destinos eternos y sublimes.

Entre tantas naciones tan diferentes por el carácter y medios intelectuales ó físicos, la francesa es una de las mas favorecidas por la naturaleza. Su actividad es capaz de ejecutar con prontitud las mas difíciles y complicadas empresas. En todas las clases, y esten civilizadas ó no, la inteligencia es vasta y pronta, el valor es ardiente para emprender, y crece con las dificultades que hay que superar ó peligros que vencer. Si algo nos falta es tal vez un poco de perseverancia, sobre todo cuando el buen éxito tarda en coronar nuestros esfuerzos. Pero seria soberanamente injusto desconocer y negar los progresos que ha hecho nuestro carácter nacional en estos 40 años últimos. Los pueblos, semejantes en esto á los individuos, se van madurando por las grandes circunstancias y desgracias; y cuando una nacion llega á hacerse ilustre, no lo dudemos, deja de ser frívola.

Hoy, señores, posee la Francia en lo moral de sus habitantes, como en los recursos de su territorio, cuanto puede ponerla en el primer lugar entre las naciones industriosas, ilustradas, fuertes y civilizadas. Pero si hemos de lograr este primer rango, necesitamos la mayor constancia en las tareas del entendimiento y del cuerpo, y que concurran todas las clases

de la sociedad; los sábios, descubriendo y dando direccion; los artistas, poniendo por obra estos abstractos descubrimientos, y caminando por el nuevo sendero que tracen los inventores.

No perdamos de vista al seguir esta carrera que hay que estar siempre luchando con un pueblo eminentemente industrioso, activo y tenaz, con un pueblo, á quien nos costará arrancar la victoria, y que nos aventajará si nos adormecemos un solo instante. Ya os he hablado de esta nacion rival; os vuelvo á hablar para mostraros la naturaleza y extension de los trabajos que os pondrá en el caso de emprender y concluir. Esforcémonos á ver lo que constituye el verdadero poder de un reino, que en la guerra como en la paz, está destinado á luchar contra nosotros; y sobre todo guardémonos de que una idea falsa de patriotismo nos haga engañarnos sobre nosotros mismos y sobre nuestros antagonistas.

Se ha creido decir una gran injuria á la Inglaterra, afirmando que ganaba las victorias con sus tesoros, valiéndose de ellos para pagar contra nosotros una multitud de pueblos extrangeros, mas bien que con el valor de sus propios defensores. Pero desde luego era confesar que el oro mismo es una fuerza militar; y este oro ¿cómo lo habia adquirido la Inglaterra? ¿lo habia sacado de sus minas? — No las tiene de este metal. — ¿Lo habia tomado con violencias de los pueblos conquistados en sus posesiones de ultramar? — Asi lo creimos, pero nos engañamos. La India ni la América jamas han enriquecido con sus tributos ni despojos el tesoro público de la Gran Bretaña. — ¿Cuál ha sido pues en todos tiempos la fuente de este tesoro? — La industria del pueblo y el trabajo, que es su elemento.

Fuerza es confesarlo: 14 millones de ingleses y escoceses tienen mas industria, y fabrican mayor número de productos para trasportarlos por el comercio á grandes distancias, que 30 y 40 millones en la mayor parte de los pueblos del continente. Véase por qué 14 millones de ingleses y escoceses han podido luchar con ventaja, en paz y en guerra, contra enemigos mucho mas numerosos.

No se me acuse de que pondero la industria británica y rebajo la de los demas pueblos. A vosotros, señores, os dejo discurrir si seré amante de mi pais por las consideraciones mismas que ahora someto á vuestro examen y por el motivo que me anima.

Lejos de nosotros esas vanas declamaciones de autores y oradores, que sacrifican la verdad por hacerse populares en nuestras asambleas, en nuestros salones y talleres. A cada paso nos hablan de nuestra superioridad en todos ramos: nos cansan á

puro repetirnos que somos el primer pueblo del mundo. Tenemos sin duda cuanto se necesita para serlo; pero en este momento temo que por el contrario la Inglaterra nos exceda en mucho.

La Inglaterra ha llegado á una época notable que le prepara nuevos destinos, y mayores que todas sus prosperidades obtenidas durante la guerra y la paz. Hoy, señores, toda la clase industriosa de la Gran Bretaña está destinada á una nueva suerte: sale de la rutina y de la ignorancia: se le ofrecen los principios y aplicaciones de las ciencias útiles. Esta clase recibe con ansia las luces fructuosas que se le presentan, no como un regalo y por el cebo de un favor gratuito, sino penetrada del valor de estos dones preciosos, cuyo valor conoce tanto que paga para tener la enseñanza, cuya importancia ha conocido.

Detengámonos un instante en este espectáculo que ningun pueblo de la tierra ha presentado jamas. Demos una ojeada sobre lo futuro: no necesitamos ir muy lejos. No preguntemos qué producirá en 50 ó 100 años la nueva instruccion dada á la nacion británica; preguntemos solo qué es lo que habrá producido en 20.

Supongamos que la instruccion científica de los operarios no tome un vuelo mas rápido, aunque cada mes nos ofrece un nuevo progreso acabado en esta línea. Veo escuelas de industria abiertas á la clase trabajadora en las ciudades populosas de Londres, Edimburgo, Glasgow, Manchester, Aberdeen, Birminghan, Lancaster, Leeds y Newcastle. Supongamos que estas ciudades no proporcionen instruccion mas que á 5Ⓤ artistas cada año. En 20 años contará la Gran Bretaña 100Ⓤ artistas de todas clases que hayan adquirido los elementos científicos útiles á la industria. De estos 100Ⓤ hombres habrá muchos que olviden lo que hayan aprendido: démoslo de barato: muchos no serán capaces de hacer una fructuosa aplicacion: concedámoslo tambien; pero aquellos á quienes la naturaleza ha dado felices disposiciones para la combinacion de números, figuras ó fuerzas, tendrán en sus manos un instrumento que servirá de palanca á su ingenio, y sorprenderán los efectos que produzca este instrumento.

Tres ciudades menores que Ruan, Leon, Nantes, Burdeos, Marsella y Strasburgo, cuales son Atenas, Florencia y Ginebra, sin embargo de su corta poblacion, se han hecho en la antigüedad, en los tiempos medios y en los modernos, un digno objeto de admiracion por el número prodigioso de sus sábios, literatos y artistas: no porque la naturaleza humana se mostrase mas fértil en ingenios superiores á las orillas del mar Egeo, del Arno ú del Leman; sino porque la instruccion estaba allí mas extendida. Pero en Atenas, Florencia y Ginebra nunca

estuvo generalizada la instruccion en las últimas clases de la sociedad, sino únicamente entre algunos millares de ciudadanos que la enseñanza elegia para ejercer sus beneficios.

En la Gran Bretaña cuenta la industria á lo menos en sus talleres cuatro millones de individuos, á quienes está igualmente abierta la nueva instruccion científica. Entre estos cuatro millones, todo hombre que se siente con disposiciones particulares para aplicar los principios del saber á la práctica de las artes, puede desde ahora con muy corta retribucion, adquirir en las horas de descanso medios de hacer su trabajo menos material y mas productivo.

Me atrevo á pronosticar que en los mas de los ramos de industria, inesperados é incalculables progresos serán la consecuencia inmediata de la nueva instruccion que se da al pneblo británico. Juzguemos de lo que hará por lo que ha hecho.

En la Escocia se reducia hasta ahora la enseñanza popular á leer, escribir y contar. Pero estos simples conocimientos eran generales. Ellos solos han bastado para que una multitud de talentos ilustres se distingan inmortalizando su patria, y poniéndola en el primer rango entre las naciones que aceleran el progreso de las ciencias, letras y artes.

Un profesor de Glasgow, Blacke, crea la química neumática, y prepara los inmensos servicios que esta ciencia presta á la industria. Un profesor de Edimburgo, Smith, hace experimentar una completa mudanza á la economía política, y dispone para las leyes comerciales de su pais la gran revolucion que se está obrando en este momento. Un constructor de instrumentos de física y matemáticas, Watt, ingeniero escoces, convierte la máquina de vapor en el motor mas poderoso y útil de las artes modernas.

Observad, señores, que estos inventores modernos han salido todos de la clase industrial; cuando antes no habia hombres que hiciesen progresar con sus descubrimientos el espíritu humano, sino en las clases altas ó en el clero. El eclesiástico Rogerio Bacon fue quien inventó la polvora, y el lord Napier los logaritmos, dos grandes descubimientos que han mudado la faz de los trabajos matemáticos y el estado moral de la sociedad.

Pues yo me atrevo á anunciar que de aqui á 20 años las conquistas de la ciencia y de la industria en Escocia é Inglaterra excederán las de aquellas generaciones que han dado tantas prosperidades al pueblo británico.

La única cuestion que debemos propornernos es si queremos quedarnos atras, ó si hemos de aventajarnos, si posible fuere, al pueblo que la naturaleza ha creado nuestro rival en todos los géneros de gloria.

Los hechos que he referido, en razon de las disposiciones de la clase popular en Francia, no dejan duda alguna de la facilidad de instruir á los simples operarios en el pais dichoso en que la inteligencia natural es tan viva y penetrante, y la memoria tan susceptible de impresiones variadas y numerosas.

Ahora, señores, los que os hallais aqui reunidos, á vosotros me dirijo; yo os hago depositarios de las grandes esperanzas que la patria debe concebir de vosotros. En su nombre os pido que la hagais mas feliz y opulenta, aumentando vuestro bienestar y vuestra felicidad: que la hagais mas fuerte y mas espléndida haciendo un uso mas inteligente de vuestras fuerzas físicas y morales. Quisiera que mi voz fuese capaz de excitar en vuestras almas aquellos movimientos génerosos y aquellas profundas impresiones de que nacen las determinaciones enérgicas y duraderas. A vosotros es á quien pide la industria francesa que le deis ejemplo: vosotros sois la flor de la clase laboriosa de la capital de un reino grande y poderoso: sed pues vosotros para todos los paises del mundo la flor de todas las clases laboriosas, uniendo las tareas mentales al trabajo corporal. Trátase de entrar en nueva lid. Muchas veces habeis salido vencedores de los pueblos mas belicosos; y habeis mostrado en los campos de batalla, que los hijos de nuestros talleres se aventajan en manejar contra los enemigos de su pais los instrumentos de la guerra y de la gloria. Hoy buscamos solamente cómo manejar y dirigir los de la opulencia y de la paz.

Ved aqui reunidos, para animaros con su presencia, lo escogido de los geómetras, de los astrónomos, de los químicos y de los físicos que en la carrera científica han ganado palmas que son tambien gloriosas á la Francia: ved á vuestros maestros y vuestros padres, esos grandes fundadores de nuestros mas bellos establecimientos de industria, de los cuales los mas han empezado viviendo tambien del trabajo de sus manos; y ahora, gracias á su inteligencia, emplean vuestros brazos á millares y os muestran el camino por donde debe conduciros una honesta y justa ambicion. Todos esos hombres, eminentes en sus varias carreras, estan acordes conmigo en sus votos y esperanzas. A nosotros nos toca realizar sus generosos deseos; por mi parte nada omitiré de cuanto mis estudios y débil experiencia me permitan hacer.

Extenderé de antemano y se imprimirá el analisis de cada leccion, en el cual daré los principios que os importe grabar en vuestra memoria, indicando sus mas útiles aplicaciones. Estos analisis os servirán desde luego para prepararos á las lecciones, y despues para recordar lo mas esencial. No tendreis que gastar mas que dos sueldos cada sesion para tener los progra-

mas de que os hablo, y que se os entregarán por el portero del conservatorio en la media hora que precede á las lecciones. La coleccion de estos programas podrá servir á las personas que gusten de tales estudios, y en ella verán un plan claro y fácil de seguir.

Hoy, señores, posee la Francia 4[illegible] ingenieros ú oficiales, tanto civiles como militares; todos hijos de la escuela politécnica: la mayor parte de ellos pueden explicar un curso en favor de los operarios, con arreglo al plan que he trazado, añadiendo los frutos de sus observaciones y de su experiencia en los importantes servicios públicos que han dirigido ó estan dirigiendo.

Entre estos 4[illegible] ingenieros bastará que haya solo uno ó dos de buena voluntad en cada una de las ciudades industriosas de Ruan, Lila, S. Quintin, Leon, S. Esteban, Tolosa, Burdeos, Marsella, Nantes, Mompeller, Nimes, Metz &c. para que la clase industriosa goce en ellas de una enseñanza como la que principiamos hoy.

Con esta reunion de esfuerzos y lecciones, propagadas á la vez, las luces de la ciencia en todos los centros de nuestra industria, suministrarán medios de hacer que nuestros productos adquieran formas mas exactas y perfectas, y nuestras máquinas, instrumentos y herramientas un movimiento mas fácil y eficaz. Familiarizando en todas partes á nuestros artistas con los principios que deben guiarlos en sus trabajos, se les suministrarán métodos para perfeccionar al mismo tiempo los objetos fabricados y las prácticas de fabricacion. Dejemos al porvenir el cuidado de revelarnos los felices resultados de estos nuevos medios de prosperidad.

Si las ideas que he llegado á concebir se realizan pronto, sentiré en mi corazon la alegría que vosotros tambien sentireis, al ver que la nueva época de estas prosperidades da principio en el primer año de un reinado, cuya aurora feliz lisonjea tanto las grandes esperanzas de todo buen frances.

LECCION II.

Mecánica del espacio.

1 Un cuerpo está en reposo cuando no muda de lugar en el espacio, y se mueve cuando muda de lugar.

2 Un cuerpo que estuviese solo en el espacio se moveria necesariamente sin obstáculo en cualquiera sentido que se le impeliese ó se tirase de él.

3 Dos cuerpos no pueden ocupar un mismo espacio á un mismo tiempo.

4 Cuando varios cuerpos han de estar en reposo ó han de moverse en cierto espacio, cada uno de ellos ocupa una posicion que los otros no pueden ocupar en el mismo tiempo.

5 Estas posiciones relativas dependen de la magnitud y de la figura, sea del espacio mismo que es dado, sea del cuerpo que se sitúa en él.

6 La geometría enseña las reglas relativas al espacio y la figura de los cuerpos. Es necesario empezar por conocer estas reglas á las cuales estan sujetos todos los movimientos de la mecánica.

7 La línea recta es la que se corre siguiendo siempre la misma direccion, y tambien es el camino mas corto de un punto á otro.

8 Cuando un cuerpo que no gira se mueve, siguiendo siempre la misma direccion, cada uno de sus puntos describe una línea recta, todos estos puntos corren la misma extension, y todas las líneas rectas que corren son *paralelas*.

9 Estas líneas rectas consideradas dos á dos tienen la propiedad notable de que la primera tiene todos sus puntos á igual distancia de la segunda.

10 Este principio sencillo de geometría es la base de un sin número de combinaciones, de formas y de figuras útiles á la mecánica de las artes. Por él se explica el movimiento de las gavetas, de las correderas, de los estuches, de los cepillos de carpintero, de los embolos que suben y bajan dentro de los cilindros &c.

11 Cuando un cuerpo se mueve sin girar y en línea recta, si se traza en él una línea recta esta es trasportada paralelamente.

12 Ademas las líneas que siguen las dos extremidades de esta recta son tambien paralelas una y otra.

13 Esto nos enseña que las paralelas comprendidas entre paralelas son iguales.

14 Esta es la propiedad de la figura llamada paralelogramo, porque sus lados son paralelos dos á dos.

15 *Aplicacion* á las enmaderaciones de los edificios y de las naves. Ejecucion de una espiga dada la mortaja, y de una mortaja dada la espiga.

16 *Aplicacion* del paralelogramo á la representacion del efecto de las fuerzas en mecánica.

17 Como en las paralelas los ángulos correspondientes son iguales.

18 *Aplicaciones*: uso de la falsa escuadra, dibujo con la regla y la escuadra.

19 La distancia mas corta de un punto á una recta es la *perpendicular* tirada de este punto á esta recta.

20 Como con el conocimiento de las paralelas y perpendiculares

21 Se pueden representar todos los cuerpos en reposo ó en movimiento, y todos los objetos que la industria emplea ó produce. Estas representaciones se llaman *proyecciones*.

22 Este es el método empleado para dibujar las máquinas, la arquitectura, las enmaderaciones, el corte de piedras ó montea &c.

23 Todo operario que quiera trabajar con exactitud debe saber servirse de este método.

24 *Aplicacion*. Los que estudian este curso deben ejercitarse en sus talleres en dibujar sus herramientas, sus máquinas y los productos de su industria, para aprender á ejecutarlos, ó para hacerlos ejecutar con la exactitud mas conveniente á sus trabajos.

LECCION III.

Del círculo, y de los movimientos circulares.

25 El plano es una superficie á la cual se puede aplicar en todos sentidos una línea recta que la toque en toda su extension.

26 Esta propiedad se emplea para ejecutar un plano ó para verificar si una superficie es plana.

27 Un círculo es una superficie plana, cuyo contorno ó borde, llamado *circunferencia*, tiene todos sus puntos á igual distancia de un punto único llamado *centro*.

28 Si en una superficie plana indefinida se corta un círculo, se tendrá por la parte cortada una circunferencia en relieve, y sobre el resto del plano una circunferencia en hueco.

29 La propiedad característica del círculo cortado es que podrá girar sobre sí mismo al rededor de su centro, sin que los puntos de la circunferencia en hueco cesen de tocar á todos los de la circunferencia en relieve.

30 Este movimiento al rededor de un centro se llama *rotacion*.

31 El círculo es la sola figura que tiene la propiedad que acabamos de indicar.

32 *Aplicacion* de esta propiedad á las llaves de fuentes, á las cajas de vapor &c.

33 Cuando un cuerpo gira al rededor de una línea recta, cada uno de los demas puntos describe un círculo; si se consi-

deran estos círculos dos á dos hay por todas partes igual distancia de uno á otro.

34 *Aplicacion* de estas propiedades al arte de *tornear.*

35 Se puede emplear el torno no solamente para ejecutar círculos, sino tambien para ejecutar planos.

36 *Aplicacion* á las grandes fábricas de máquinas.

37 Los radios del círculo son líneas rectas tiradas del centro á la circunferencia. Los *diámetros* son dos radios directamente opuestos. Cada diámetro divide el círculo en dos partes iguales. Las cuerdas son líneas rectas, terminadas en sus extremos por la circunferencia del círculo.

38 ¿Por qué se puede emplear la circunferencia del círculo para medir el ángulo que los radios forman entre sí?

39 La circunferencia se divide en 360 partes iguales que se llaman *grados*; el grado en 60 partes iguales, que se llaman *minutos*; el minuto en 60 partes iguales, que se llaman *segundos.*

40 Con un número de grados, de minutos, de segundos &c. se indica la abertura mayor ó menor de todo ángulo comprendido entre dos líneas rectas.

41 La division de la circunferencia del círculo en partes iguales es una operacion necesaria en un gran número de artes, y sobre todo en la fabricacion de máquinas.

42 *Aplicacion.* ¿Cómo se señala sobre una pieza de madera ó metal la division necesaria para la ejecucion de una rueda dentada, de un cilindro acanalado para la filatura del algodon &c.?

43 De los instrumentos que se emplean para medir los ángulos: el trasportador, el grafómetro, el sextante, el octante, el círculo repetidor &c.

44 La division del círculo para los instrumentos de relojería, de agrimensura, de geodesia, de astronomía y navegacion, es una de las operaciones prácticas mas delicadas; y asi es que no hay mas que un corto número de artistas que lleguen en este género á un gran grado de precision.

45 De la línea recta que toca á un círculo. Cuando un círculo rueda ó resbala sobre una línea recta, su centro describe una línea recta paralela á la primera.

46 *Aplicacion* al movimiento de los carruages. Si las ruedas no fuesen circulares irian subiendo y bajando los efectos y los viageros, con movimientos incómodos de abajo á arriba.

47 El círculo, las reglas paralelas [1], suministran un medio fácil de producir un movimiento rectilíneo paralelo á una direccion dada.

1 *Les molettes.*

48 Hay tambien otros medios de producir movimientos en línea recta por movimientos circulares y reciprocamente, y este es el objeto de una clase muy numerosa de máquinas, de que haremos mencion [1].

49 Dos círculos situados de manera que se toquen solamente en un punto, pueden girar entrambos, ó separadamente, sin dejar de tocarse y sin apoyar uno sobre otro si sus centros no mudan de lugar.

50 *Aplicaciones* á las ruedas dentadas, piñones &c.

51 Cuando dos círculos no se tocan, si se envuelven con una correa tirante que pase de uno á otro, se podrá hacer girar ambos círculos juntos ó separadamente, sin que la correa cese de estar tirante.

52 *Aplicacion* al movimiento de las máquinas para trasmitir los movimientos.

53 Si la correa es susceptible de variar en longitud, de qué manera se emplea un tercer círculo para que no cese de estar tirante, y de servir para hacer girar los primeros círculos uno por otro.

54 *De las formas diversas que se pueden dar á los productos de la industria con la línea recta solamente.*

55 Del *triángulo*: es la figura de tres lados.

56 Los triángulos rectángulos tienen un ángulo recto. Se llama *hipotenusa* el tercer lado que es mayor que cada uno de los otros dos.

57 Los tres vértices de todo triángulo pueden colocarse sobre la circunferencia de un mismo círculo. Cómo se hace esta operacion.

58 Las artes hacen un uso continuo del triángulo: ejemplos.

59 Hay figuras formadas por cuatro líneas rectas, cuyas figuras tienen cuatro ángulos y cuatro vértices. Se llaman diagonales las líneas rectas que juntan los vértices opuestos.

60 El *cuadrado* tiene sus cuatro ángulos y sus cuatro lados iguales entre sí, y sus dos diagonales iguales entre sí.

61 El *rectángulo* tiene sus cuatro ángulos iguales entre sí, y por consecuencia rectos; sus lados opuestos iguales entre sí, y sus diagonales iguales entre sí.

1 La obra de los señores Lanz y Betancourt tiene por objeto describir todos los medios de mudar un movimiento rectilineo en circular, y reciprocamente con el auxilio de las máquinas. Mr. Borgnis ha llenado el mismo objeto en su primer volúmen de mecánica aplicada á las artes. Estas obras estan en la Biblioteca del Conservatorio.

N. T. *Igualmente estan estas obras en la Biblioteca del Real Conservatorio de Madrid.*

62 Las formas de un rectángnlo pueden tener una infinidad de variedades, y asi ofrecen á las artes muchas mas *aplicaciones* que el cuadrado, sea en la construccion de las máquinas, sea en la configuracion de los productos de la industria.

63 El *paralelogramo* ha sido definido (primera leccion), diciendo que sus lados opuestos son paralelos é iguales. Tambien son iguales sus ángulos opuestos.

64 El *rombo* tiene sus cuatro lados iguales entre sí.

65 La última clase de figuras de cuatro lados que conserva algo de regular, es el *trapecio*, que solo tiene dos lados paralelos. Sus ángulos son en general desiguales, y tambien sus diagonales.

66 Respecto á las figuras que tienen mas de cuatro lados, se contentan con dividirlas en *regulares* é *irregulares.* Las regulares tienen sus lados y ángulos iguales entre sí, y todas pueden trazarse en un círculo. Se las llama *poligonos regulares.*

67 La figura de seis lados, el *exágono*, tiene una propiedad muy sencilla y muy útil en las artes.

68 Cuando se ha trazado el círculo, cuya circunferencia pasa por los vértices de los seis ángulos del exágono regular, se halla que el radio de este círculo iguala en longitud á cada uno de los seis lados de la figura.

69 Aplicaciones de las propiedades de la línea recta, al embaldosado, á las vidrieras, embutidos &.

LECCION IV.

Sobre la proporcion de las figuras.

70 Dos figuras son iguales cuando son perfectamente semejantes y del mismo tamaño; de suerte que puestas una sobre otra coincidan exactamente en todas sus partes.

71 *Aplicacion.* Cuando se da un modelo de tamaño natural, y es menester ejecutar una copia que sea igual. La *dificultad* depende de la complicacion de las formas del modelo, y del grado de precision que se exigió en la copia.

72 *Figuras semejantes* son las que no se diferencian mas que por el tamaño, y tienen todas las partes análogas, ó como se dice, homogéneas en una misma relacion.

73 Las propiedades de las figuras semejantes dependen de las propiedades de las líneas *paralelas* que quedan explicadas en la segunda leccion.

74 Si se divide una línea recta en partes iguales, y se tiran por los puntos de division otras líneas rectas paralelas entre sí, estas paralelas estarán á igual distancia unas de otras.

75 Esto hecho, tirada otra línea recta que corte las paralelas, quedará como la primera dividida en partes iguales entre sí; pero podrán no ser iguales á las partes correspondientes de la primera recta.

76 Si las partes de la primera recta no son iguales entre sí, las partes correspondientes de la segunda recta, esto es, las partes comprendidas entre las mismas paralelas, serán tambien desiguales entre sí; pero estarán siempre en la misma relacion con las otras partes, ó lo que es lo mismo, serán *proporcionales* á ellas.

77 La relacion de una línea á otra es el número de veces que está contenida en la primera si es la menor, ó el número de veces que la contiene si es la mayor. Pueden pues expresarse por los números las relaciones de las líneas.

78 Las circunferencias de los círculos son como los radios, y por consiguiente los arcos de un mismo número de grados son como sus radios. Aplicacion de estos para hacer sensibles pequeños movimientos, como en el barómetro llamado cuadrante, y en el higrómetro.

79 La relacion de una línea de 8 metros á una línea de 4 es 2, porque 4 está contenido 2 veces en 8. Se expresa esta relacion por la proporcion siguiente:
8 es á 4, como 2 es á 1.
que se escribe asi: 8 : 4 : : 2 : 1.
yo diré lo mismo, 12 : 6 : : 2 : 1.
y . . . . 12 : 6 : : 8 : 4.
Esta reunion de dos relaciones ó razones que son iguales, es lo que se llama proporcion.

80 Toda proporcion tiene, como se ve, dos relaciones ó razones que son iguales, y cuatro números que se llaman los *términos* de la proporcion: el primero y el último se llaman los *extremos*, el segundo y el tercero se llaman los *medios*.

81 Dividiendo el primer termino por el segundo, se tendrá por cuociente el valor de la primera relacion. Si se divide el tercer termino por el cuarto, se tendrá por cuociente el valor de la segunda relacion. Estos dos cuocientes son iguales.

82 Multiplícando el primer termino por el cuarto y el segundo por el tercero, resultarán dos productos necesariamente iguales entre sí. Esto se expresa diciendo que en toda proporcion el *producto de los extremos es igual al de los medios*.

83 Los principios que acabamos de indicar sobre las relaciones y proporciones de los números, se *aplican* inmediatamente á las relaciones y proporciones de las líneas.

84 Cuando dos líneas rectas estan cortadas por una série de paralelas, la relacion de cada parte de la primera á la parte

de la segunda recta, comprendida entre las mismas paralelas, es la misma. De suerte que si se enumeran por 1, 2, 3 &c. las partes consecutivas de la primera de las dos rectas, y por I, II, III, las partes de la segunda recta comprendidas entre las mismas paralelas, se tendrá esta série de proporciones 1 : I : : 2 : II : : 3 : III &c.

85 *Aplicacion* de esta propiedad para dividir una línea recta en tantas partes iguales como se quiera.

86 Se sigue de esta propiedad: 1.° Que los triángnlos, cuyos lados son paralelos dos á dos, son semejantes y tienen los lados proporcionales: 2.° Que los polígonos y las figuras tan complicadas como se quiera, si sus líneas correspondientes ó homólogas son paralelas, son necesariamente figuras semejantes que tienen las líneas correspondientes paralelas.

87 *Aplicacion.* Esta propiedad suministra el medio de ejecutar productos de industria semejantes á los modelos dados.

88 El instrumento llamado *pantógrafo*, sirve para dibujar figuras que sean tambien semejantes á un modelo dado. Las figuras que tienen todas las líneas correspondientes en una misma proporcion, son figuras semejantes, y pueden estar situadas de manera que todas sus líneas correspondientes sean paralelas dos á dos.

89 *Aplicacion* á los compases de proporcion para construir figuras semejantes.

90 En el dibujo geométrico se ejecuta una representacion semejante al objeto, mediante una escala que hace conocer la relacion de las líneas proporcionales que hay que dibujar.

91 Importancia de la exacta division de las escalas. Escalas *trasversales*, escalas portátiles de madera ó de metal, su construccion y su continuo uso; escalas en los mapas geográficos: imperfeccion de estos en cuanto á la representacion verdadera, completa y exacta del terreno.

92 Dos triángulos que tienen los lados respectivos perpendiculares, son semejantes.

93 Si en un triángulo rectángulo se tira desde el vértice de su ángulo recto una perpendicular P sobre su mayor lado ó hipotenusa, quedará dividido este triángulo en otros dos mas pequeños; y resultará que los dos triángulos pequeños serán semejantes al grande, y semejantes entre sí. Este principio hace conocer bellas propiedades del triángulo rectágulo.

94 La perpendicular P que acabamos de tirar en el triángulo rectángulo es *media proporcional* [1], entre las dos partes

1 En una proporcion tal que 4 : 8 : : 8 : 16, el número 8 es lo que se llama el *medio proporcional* entre los extremos 4 y 16.

del mayor lado á la derecha y á la izquierda de la perpendicular P.

95 El menor lado de la izquierda del triángulo rectángulo es medio proporcional entre el mayor lado, y la parte de este lado á la izquierda de la perpendicular P; del mismo modo el menor lado de la derecha del triángulo rectángulo es *medio proporcional* entre el mayor lado y la parte de este mismo lado, á la derecha de la perpendicular P.

96 De aqui resulta esta otra propiedad que tiene continuo uso en los cálculos de geometría y mecánica: *el cuadrado del mayor lado ó de la hipotenusa es igual á la suma de los cuadrados de los otros dos lados.*

97 *Aplicacion* al triángulo rectángulo, cuyos tres lados tienen por longítudes respectivas 3, 4 y 5.

98 Estas propiedades del triángulo rectángulo sirven para conocer muchas propiedades del círculo.

99 Si se tira un diámetro en un círculo y se levanta una perpendicular desde este diámetro hasta la circunferencia, la perpendicular será media proporcional entre las partes de la derecha é izquierda del círculo; y si se tiran dos cuerdas desde la extremidad de la perpendicular hasta las extremidades del diámetro,

1.° La cuerda de la derecha será media proporcional entre el diámetro del círculo y la parte del diámetro situado á la derecha de la perpendicular: 2.° La cuerda de la izquierda será media proporcional entre el diámetro del círculo y la parte del diámetro situado á la izquierda de la perpendicular.

En fin el cuadrado del diámetro será igual á la suma de los cuadrados de las dos cuerdas.

LECCION V.

De las superficies.

100 La mas simple de las superficies es el *plano*, ya definido en la leccion precedente, por la condicion que una línea recta puesta en todos sentidos sobre él, le tocará en toda su extension.

101 *Aplicacion.* Medio de ejecutar un plano en las artes por una recta que se mueve apoyada sobre otras dos.

102 Comparando un plano con una línea recta se ve: 1.° Que pueden ser paralelos; entonces estan en toda su extension á una misma distancia, y pueden prolongarse tanto como se quiera sin que se encuentren: 2.° Que pueden ser perpendiculares

haciendo girar una escuadra sobre uno de los lados del ángulo recto, el otro lado describe un plano.

103 *Aplicacion.* Medio de describir un plano con un torno. Empleo de este medio en las grandes fábricas de maquinas: sus ventajas. *Otra aplicacion.* Máquina para hacer planos (*planning machine*) inventada por Bramah.

104 La perpendicular es la distancia mas corta de un punto á un plano.

105 Dos planos pueden ser paralelos: entonces estan á igual distancia por todas partes. Ademas toda línea recta perpendicular á uno de los planos, es perpendicular al otro, y mide esta distancia.

106 *Aplicacion.* Mesas en que la cara superior es paralela al plano del piso ó suelo, porque sus pies verticales son de la misma altura.

107 Las líneas rectas paralelas entre sí, y comprendidas entre dos planos tambien paralelos, son iguales.

108 *Aplicacion.* Mover un plano paralelamente á otro.

109 Si de un punto dado se baja una perpendicular á un plano, y tomando por centro el pie de esta perpendicular, esto es, el punto en que toca al plano, se describen círculos, todos los puntos de cada círculo estarán á una misma distancia de cada punto de la línea recta, y esta distancia será tanto mas grande cuanto mayores sean los círculos.

110 Si una misma recta es perpendicular á dos planos, son estos paralelos entre sí.

111 Cómo se mide el ángulo formado por dos planos [1].

De las medidas de las superficies planas.

112 Se emplea el cuadrado para medir las superficies planas.

113 De cómo un cuadrado sirve para medir otros cuadrados mayores y menores, y tambien los triángulos.

114 Un cuadrado que tiene la misma basa y altura que un triángulo, tiene doble superficie.

De las figuras que se pueden formar con planos.

115 De la figura mas simple que se puede formar con planos, de la *barra* ó del *prisma.*

116 El *prisma* es un *cuerpo* mas ó menos largo, que tiene todas las caras planas y terminadas por líneas rectas paralelas. Estas líneas rectas se llaman aristas.

1 Gonometro ó instrumento para medir el ángulo que forman entre sí dos de las diferentes caras de un cuerpo cristalizado ó cristal.

117 Si se corta el prisma perpendicularmente á sus aristas, la seccion es la que se llama la basa del prisma cuando se le sienta sobre esta seccion; entonces la basa es horizontal y todas las aristas son verticales.

118 *Aplicacion* á los postes, á los pilares y pilastras de carpintería y albañilería.

119 Dada la figura de la basa, la forma del prisma está completamente determinada; y no hay mas que conocer la longitud de dicho prisma.

120 El prisma triangular es el que tiene tres caras y tres aristas. La basa de este prisma es un triángulo. Tantas cuantas variedades hay en la forma de un triángulo, otras tantas hay en la forma de los prismas triangulares.

121 *Aplicacion* del prisma triangular á la descomposicion de la luz.

122 Otra *aplicacion*: prisma que sirve de guia á los carros de muchas máquinas importantes.

123 Del prisma *cuadrangular*: tiene cuatro caras y cuatro aristas.

124 Entre los prismas cuadrangulares hay algunos que tienen una cierta regularidad que los hace precisos para las artes.

125 Del prisma que tiene por basa un paralelogramo: se llamà *paralelipípedo*. Si la basa es un rectángulo el prisma se llama paralelipípedo rectángulo, porque sus caras y sus aristas estan en ángulo recto.

126 Entre estos paralelipípedos rectángulos es menester distinguir el paralelipípedo cuadrado, que tiene por basa un cuadrado. Tomando un paralelipípedo cuadrado, y cortándole de manera que su altura sea igual al lado del cuadrado que le sirve de basa, resulta un *cubo*.

127 Las seis caras del cubo son cuadrados, sus doce aristas son iguales entre sí.

128 *Aplicacion*: cómo se ejecuta un cubo y prismas rectángulos con las sierras circulares.

129 *Aplicacion* de los prismas rectángulos á la edificacion: piedra de sillería, ladrillos y baldosas, *opus reticulatum*, construcciones ciclopeas. Cómo se pueden trazar ó aparejar estas escuadras: del corte de piedras, maderas &c.

130 De los productos de la industria cuyas caras son triángulos. Son infinitas las variedades de estas figuras, y solo examinaremos un corto número de ellas.

131 La figura mas simple que se puede formar es la pirámide triangular. Tiene esta cuatro caras en triángulo y seis aristas.

132 *Aplicacion* de los triángulos y de la pirámide triangu-

lar para poner al punto las estatuas modeladas por los escultores.

133 Otra *aplicacion*: para las operaciones topográficas.

134 Cuando una pirámide sienta horizontalmente sobre una de sus caras, esta cara se llama la basa. Se llama altura la distancia de esta basa al vértice opuesto.

135 Cómo se ejecuta una pirámide triangular, semejante á una pirámide dada.

De las pirámides regulares.

136 Estas pirámides tienen por basa un polígono regular; cuando su basa es horizontal su vértice está al plomo del centro de la basa.

137 *Aplicacion.* Los obeliscos construidos para los monumentos de arquitectura son pirámides de cuatro caras.

138 Cómo se mide el volúmen de las figuras. Se toma el cubo para medir las otras figuras.

139 Tomando por unidad el cubo, cuyos lados tienen la longitud tomada por unidad, cómo se expresan por números otros cubos mayores ó menores.

Tabla de los cuadrados y de los cubos.

Longitud del lado.	Superficie del cuadrado del cubo.	Volúmen.
1	1	1
2	4	8
3	9	27
4	16	64
5	25	125
6	36	216
7	49	343
8	64	512
9	81	729
10	100	1.000

140 Cómo se emplea el cubo para medir los paralelipípedos y los prismas en general.

141 Cómo se emplea el cubo para medir el volúmen de las pirámides.

142 Cuando un prisma tiene la misma basa y la misma altura que una pirámide I, es triple en volúmen.

Superficies del círculo y del cilindro &c.

143 La superficie de un polígono regular es igual al contorno del polígono multiplicado por la mitad de la distancia del centro del polígono, al mismo contorno de la figura.

144 La superficie del círculo es igual á la longitud de la circunferencia multiplicada por la mitad del radio.

145 Cuando se representa la longitud del radio por siete, la de la semicircunferencia es veinte y dos. Cuando hay necesidad de mas exactitud se puede representar

El radio por.	100	1,000	10,000	100,000.
La circunferencia por	628	6,283	62,831	628,313.
Y la superficie por. .	314	3,141	31,415	314,159.

146 No es posible hallar un número de cifras suficiente para expresar en rigor una circunferencia, cuando un número ordinario expresa el radio.

147 Por esta razon *no es posible* hallar un número de cifras sufucientes para expresar en medidas cuadradas la superficie de un círculo, cuyo radio está expresado por un número ordinario. Hé aqui lo que se quiere decir por estas palabras: *es imposible hallar la cuadratura del círculo.* Es pues necesario que los estudiantes se guarden de *perder el tiempo* en buscar un número que dé el lado de un cuadrado, que tenga la misma superficie que el círculo, cuyo radio, por ejemplo, haya sido tomado por unidad.

148 *Aplicaciones.* La medida de las superficies del círculo y de sus partes, es necesaria en un sinnúmero de artes para arreglar la cantidad de materiales que hay que emplear, por ejemplo, la pintura necesaria para *cubrir* una superficie circular; la medida del plomo necesario para cubrir una mesa redonda, una cuba redonda &c.

149 Cómo se mide la superficie de un sector de círculo, y de un segmento de círculo.

150 El sector es el espacio comprendido entre un arco y dos radios que tocan las extremidades de este arco. Su superficie es igual á la longitud del arco, multiplicada por la mitad del radio.

151 El *segmento* es el espacio comprendido entre un arco y su cuerda; es la porcion de un sector, al cual falta el triángulo formado por el círculo, y por los dos radios tirados á los extremos del arco. La superficie de este triángulo es igual al producto de su basa por la mitad de su altura.

152 Entre todas las figuras, cuyo contorno es de una figu-

ra dada, la mayor en superficie es el círculo. Y entre todas las figuras que tiene el mismo número de lados rectilíneos, el polígono regular es la que contiene la mayor superficie. Estas propiedades son importantes de conocer para la economía de muchas artes.

154 Asi la cantidad de plomo en unas vidrieras de un espacio limitado, es la *menos posible* si los vidrios teniendo un número dado de lados son de figuras *regulares*.

155 Asi cuando hay que hacer tubos ó caños para conducir las aguas, el gaz &c., y que estos tubos deban dejar paso á un volúmen de fluido determinado, si se hacen circulares, la cantidad de madera ó metal empleada para estos tubos, es *la menor posible*.

De las superficies que se forman con el círculo.

156 La combinacion del círculo con la línea recta produce superficies que son de continuo uso en las artes.

157 En virtud de la definicion que hemos dado de las paralelas (Leccion 1.), cuando un círculo se mueve sin girar, y que uno solo de sus puntos corre una línea recta: 1.° cada uno de sus demas puntos, y tambien su centro, corren del mismo modo una línea recta: 2.° todas estas rectas son paralelas entre sí: 3.° midiendo estas rectas entre dos posiciones del círculo, resulta que son todas iguales.

158 El cilindro es la superficie que se compone de todas estas rectas en un sentido, y todos estos círculos en el otro. Las líneas rectas situadas paralelamente sobre el cilindro se llaman sus *aristas*; la línea recta corrida por el centro es el *eje* del cilindro.

159 Si se sustituye al círculo otra curva cualquiera, haciéndola mover sin girar á lo largo de una línea recta, todos sus puntos correrán del mismo modo rectas paralelas é iguales, cuyo conjunto formará una superficie que tambien será un cilindro.

160 El cilindro que se emplea mas frecuentemente en las artes está engendrado por un círculo cuyo plano es perpendicular á las líneas rectas llamadas aristas, y por consecuencia es perpendicular al eje.

161 Cortando este cilindro por un plano perpendicular á las aristas, la seccion es un círculo, y este la basa del cilindro, supuesto que lo coloquemos verticalmente. Cuando un cilindro está terminado por dos secciones perpendiculares al eje, veamos como se miden sus diversas partes. 1.° La superficie de la parte redonda es igual á la circunferencia de la basa multipli-

cada por la altura del cilindro: 2.º el volúmen del cilindro es igual á la superficie de la basa multiplicada por la altura.

162 Representemos por 1,000 el radio del cilindro: 3,145 será la superficie de la basa, y el volúmen del cilindro será tantas veces 3,145 como hay unidades de medida en la altura de este cilindro.

163 Lo que llaman cilindro en las artes son los cañones de un cierto grueso que presentan por dentro una superficie cilíndrica en hueco, y por afuera una superficie cilíndrica en relieve.

164 Para tener el volúmen de materia de un cañon en que se conoce el ancho, el grueso y la longitud, es menester calcular el volúmen del cilindro exterior, y restar el volúmen del cilindro interior, segun el método que acabamos de indicar.

165 El cilindro puede engendrarse geométricamente por un círculo y por una recta, y asi resultarán para las artes dos medios de ejecutar el cilindro. El 1.º trazando círculos iguales que tengan todos el mismo eje, y el 2.º trazando rectas alrededor del mismo círculo á escuadra con ellas.

166 *Aplicaciones.* Primer medio: herramienta de un tornero que va adelantándose sucesivamente en una corredera. Otras veces el cuerpo mismo da vueltas y la herramienta está fija. Ejemplo: taladrado de los cañones, de los cilindros abiertos con taladro.

167 Segundo medio: trabajo de los mastiles de los navíos: cilindros hechos con cepillo. Diferencia de continuidad de los sistemas. Fabricacion de cilindros tirados por *hileras*: cómo se hacen las barras y cilindros de hierro. Estira de los caños: fabricacion del hilo de hierro, de laton &c.

168 De los cañones cilíndricos fabricados por flexion. Desarrollo de un cilindro.

169 Idea de las *superficies desarrollables*. De sus carácteres.

170 De la *úngula* cilíndrica: medida de su superficie y volúmen. De la curva que presenta la *úngula* cilíndrica, que es una *elipse*. Esta es de la mayor utilidad en las ciencias y en las artes.

171 Esta línea es la que corre la tierra alrededor del sol y la luna alrededor de la tierra, haciendo abstraccion de toda otra causa fuera de la accion mútua de los cuerpos celestes que se consideran.

172 Trazado de la elipse con el cordel. De los focos de la elipse: elipse de jardinero.

173 *Aplicaciones* á la óptica y acústica. Un rayo de luz emanado de un foco, y reflectado por el contorno de la elipse, va á parar al otro foco. Cuando se habla en uno de los focos se oye distintamente por eco en el otro foco, aun cuando haya

tanta distancia que no se pueda oir la voz directa.

174 Trazado de la elipse con dos ejes fijos y una recta movible.

LECCION VII.

Cono y esfera, superficies desarrollables &c. Resúmen general de las aplicaciones de la geometría.

175 El cono es una superficie que se puede formar con una línea recta que pase constantemente por un mismo punto: este punto es el *vértice* del cono. Las líneas rectas situadas sobre la superficie del cono se llaman sus aristas.

176 El cono puede tambien formarse por una curva que se mueve en línea recta sin girar, y cuyas partes van creciendo á medida que se alejan de un punto fijo. Este punto es el *vértice* del cono.

177 Ejemplo de la primer manera de producir un cono: herramientas para este cono.

178 Ejemplo de la segunda manera: cono hecho al torno.

179 En las artes se da tambien el nombre de cono ó embudo á las figuras formadas con hojas flexibles que se enrollan ó pliegan alrededor de un punto fijo: este punto es el *vértice* del cono ó del embudo.

180 Este medio de produccion es posible, porque el cono es del número de las *superficies desarrollables*. Esta es una de las supeficies que el hojalatero puede ejecutar sin romper ni abollar sus hojas de lata, mediante una simple flexion.

181 Idea de las superficies desarrollables mas complicadas que el cono y cilindro.

182 Puede considerarse como una série de conos ó cilindros estrechos que se acomodan ó ajustan por las juntas en línea recta.

183 La série de los vértices de estos conos extraños, presenta una línea notable que se llama la *arista de retroceso* de la superficie desarrollable.

184 *Aplicaciones*: en la construccion de calderas, de grandes caños y de otras muchas partes de las máquinas, se suele necesitar de construir supeficies desarrollables mas complicadas que el cono. La geometría descriptiva suministra el medio de ejecutarlas con precision.

185 El cono mas simple y mas frecuentemente empleado en las artes, es el cono recto de basa circular. En este cono, cuando la basa es horizontal, el eje es vertical y el vértice es el aplomo del centro de la basa.

186 La superficie del cono recto es igual á la circunferencia

de la basa multiplicada por la mitad de la distancia del vértice del cono á esta misma circunferencia.

187 El volúmen del cono es igual á la superficie de la basa multiplicada por el tercio de la altura.

188 *Aplicaciones* del cono. Llaves de fuente, tapones. Ruedas de ángulos dentadas ó no dentadas. Principios de su construccion.

189 Cómo se mide la superficie y el volúmen de un tronco de cono.

190 De las figuras que se producen en las artes cuando se corta un cono recto y circular por un plano.

191 1.º Cuando el plano es perpendicular al eje produce el *círculo*.

192 2.º Cuando el plano cortante es oblicuo al eje, y corta todas las aristas del cono, resulta la elipse de que dimos á conocer las propiedades en la leccion precedente.

193 3.º Cuando el plano cortante corta todas las aristas excepto una que le es paralela, resulta la *parábola*, que es una de las curvas mas interesantes en las artes.

194 Del foco de la parábola. Medio mecánico de trazarla.

195 *Aplicaciones*: á los instrumentos de óptica, de acústica, reverberos, faros &c.

166 4.º Cuando el plano cortante forma con el eje un ángulo menor que el que produce la parábola, la seccion que resulta es la que se llama una *hipérbola*. La hipérbola tiene dos focos y puede describirse como la elipse con dos cuerdas; pero la diferencia de estas cuerdas es constante, en lugar que para trazar la elipse es la suma de las dos cuerdas la que debe ser constante.

197 *Aplicacion* general de las propiedades del cono al iluminado de los cuerpos por un punto luminoso.

198 De la línea que sobre un cuerpo opaco iluminado por un punto luminoso separa la parte iluminada de la parte oscura.

199 De las *penombras*. Explicacion de los fenomenos que presentan los eclipses de los cuerpos celestes.

200 Como el cono y las pirámides sirven para hacer comprender y representar todos los elementos de una perspectiva, del mismo modo el cilindro y los prismas sirven para representar geométricamente todas las partes de una proyeccion.

201 Cómo con la perspectiva se llega á pintar *sobre bóvedas, cúpulas &c.*

202 *De la esfera.* Puede producirse: 1.º por un círculo que gira sobre su diámetro.

2.º Formando una série de cilindros cuyo eje pase por un centro dado.

3.° Formando una série de conos que todos tengan un mismo eje y toquen en un punto á un círculo que tenga este eje por diámetro. *Ejemplo* sacado del arte del tornero.

203 Division de la superficie de la esfera en meridianos ó paralelos; su utilidad en la geografía y astronomía.

204 Los dos polos de la esfera son las extremidades de un mismo diámetro que se llama *eje*. Los meridianos son los mayores círculos de la esfera, que tienen todos el *eje* de la esfera por diámetro.

205 Los paralelos tienen sus planos perpendiculares al *eje*.

206 *Aplicacion* al corte de piedras para la construccion de una bóveda.

207 La superficie de la esfera es cuatro veces la de uno de sus círculos máximos.

208 La superficie de una zona de esfera comprendida entre dos círculos paralelos, es igual al círculo máximo de la esfera multiplicado por la distancia de los planos que contienen los dos circulos paralelos.

209 El volúmen de la esfera es igual á su supercie multiplicada por el tercio de su radio.

210 El volúmen de la esfera es igual á cuatro veces la superficie de su círculo máximo, multiplicado por el tercio de su radio.

211 Si se forma un cilindro y un cono que reciban exactamente una esfera por su basa y su contorno, el volúmen de la esfera siendo igual á 4, el del cilindro lo es á 6, y el del cono á 9. Esta es la bella propiedad descubierta por Arquimedes, y grabada en su sepulcro.

De las superficies que pueden formarse con la esfera.

212 1.° Superficies de revolucion. Su uso en las artes.

213 2.° Superficies anulares. Su uso en la arquitectura.

El profesor terminará la parte de su curso que se refiere á las aplicaciones de la geometría por consideraciones generales sobre estas aplicaciones, á fin de ofrecer á los discípulos ideas mas completas acerca del género de utilidades que pueden sacar de la geometría.

Resúmen general de las aplicaciones de la geometría á las artes.

Señores: en mi primer discurso os he manifestado las miras que me guian en la nueva enseñanza que procuro ofreceros, y las varias ventajas que podeis conseguir.

Habiendo llegado al término de la aplicacion de la geometría á las artes, os interesa tender la vista por el conjunto de los principios que habeis tomado de esta ciencia, y por el cúmulo de consecuencias que habeis visto deducir por una multitud de artes.

Os he dado á conocer las propiedades de las líneas rectas paralelas, que estando por todas partes á igual distancia unas de otras, pueden prolongarse cuanto se quiera sin encontrarse jamas. Habeis visto que las paralelas comprendidas entre paralelas, tienen necesariamente la misma longitud.

Estas primeras propiedades se reproducen á cada instante en el movimiento de los cuerpos. Cuando un cuerpo que tiene una figura invariable se mueve sin girar, y uno de sus puntos describe una línea, todos los demas puntos de este cuerpo describen tambien líneas rectas, y estas líneas son todas paralelas y todas de igual longitud. Este movimiento rectilineo es el de los cajones en sus correderas, canales ó muescas, de los émbolos en las bombas, de las llantas de las ruedas de los carros, de los conductores paralelos que fijan la regularidad perfecta del movimiento en los tornos de hilar.

En orden al hilado y tejido hemos visto que los progresos del gusto requieren hilos y tejidos de una finura extraordinaria y de una igualdad perfecta; por consiguiente exigen que la industria emplee máquinas hechas con un rigor y precision verdaderamente geométricos. No se consigue hilar ni tejer de un modo muy digno de atencion, sino usando de telares que den á los hilos la direccion y movimientos del mas exacto paralelismo.

Las propiedades de las paralelas combinadas con las propiedades de las perpendiculares son suficientes para hacer las plantas geométricas, los alzados y cortes de todos los objetos útiles á la industria. Se llama geometría descriptiva la ciencia particular que enseña á vencer las dificultades y á resolver todas las cuestiones que pueden presentarse en el diseño de las máquinas y productos de la industria. En el conservatorio hay un curso de geometría descriptiva puesto al cuidado de un profesor muy hábil, Mr. Gauttier, discípulo que ha sido de la escuela politécnica. Deseamos con ansia que las lecciones de este curso se

den tambien por la noche en beneficio de los artesanos.

La línea mas simple, mas regular y mas facil de trazar despues de la línea recta es la circunferencia del círculo.

Cuando un cuerpo gira sobre dos puntos fijos, cada uno de sus puntos movibles describe un círculo; estos círculos tomados de dos en dos, por todas partes estan á igual distancia uno de otro; su centro está en la línea recta que reune los dos puntos fijos, y esta recta es perpendicular al plano del círculo y es su eje. Estas propiedades de la extension son el principio en que se fundan todas las operaciones del tornero.

Si se recorta un círculo en el plano, la parte recortada presenta una circunferencia realzada, y lo restante del plano una circunferencia rebajada: la propiedad característica del círculo es que puede hacerse dar vuelta á la circunferencia realzada en la circunferencia rebajada, sin que las dos circunferencias dejen de tocarse en todos sus puntos.

Esta propiedad importantísima para la industria es el fundamento del juego de las llaves de fuentes, de las cajas circulares de vapor, de los goznes en los pernios, de las ruedas en los ejes &c.

Una de las cuestiones de geometría mas útiles á la industria es la division exacta de la circunferencia del círculo en partes iguales. Os he hecho ver que la bondad de muchas máquinas dependia de la justa division de los contornos circulares, como por ejemplo en las ruedas dentadas y en los cilindros estriados, indispensables en las ingeniosas máquinas usadas para hilar el algodon con toda la finura posible.

Por este mismo ejemplo hemos visto que los métodos geométricos, reservados en otro tiempo para un corto número de artes privilegiadas, que se miraban como artes sábias por excelencia y se llamaban *artes liberales*, estos métodos digo se extienden forzosamente á otras muchas artes á proporcion del gusto del público, y tambien á medida de los adelantamientos de la industria en satisfacer su gusto.

Véase como la geometría, que en otro tiempo se tendria por una especie de lujo, estando reservada para las profesiones raras y privilegiadas, es ahora un objeto de primera necesidad aun para otras profesiones muy ordinarias.

Cuando la ciencia se extiende de este modo á la industria, exige de aquellos hombres que cultivan las artes la mayor inteligencia; al mismo tiempo presenta estas artes á la vista de los que las profesan, las manifiesta á toda la sociedad, quien les da la estimacion y consideracion segun los conocimientos y talento que cree ser indispensables para ejercitar cada profesion.

Prosigo el resúmen de las verdades geométricas aplicables á

la industria. Despues de haber considerado separadamente la línea recta y el círculo, los hemos combinado juntamente. Hemos examinado el movimiento de un círculo que resbala ó que rueda sobre una línea recta; y este es el mecanismo de los carruages que andan por caminos llanos.

En seguida hemos explicado la trasmision del movimiento de un círculo á otro por medio de líneas rectas, cadenas ó correas; y últimamente la trasmision directa del movimiento de un círculo á otro por medio del rozamiento ó por el engranage de dientes.

De la línea recta y el círculo, que son los primeros datos, hemos pasado á examinar las figuras que pueden darse á los productos de industría con líneas de estos dos géneros.

Con las líneas rectas pueden hacerse triángulos ó figuras de tres lados. Estas figuras admiten una multitud de variedades entre las cuales hemos distinguido el triángulo rectángulo, que tiene un ángulo recto. Tal es la escuadra del delineante. Con esta escuadra y la regla se trazan las paralelas y perpendiculares que se quieran.

Con cuatro líneas rectas se forma mas variedad de figuras que con tres; y estas figuras se llaman todas *cuadrilateras.*

Hemos definido el *cuadrado*, en donde los cuatro lados asi como los cuatro ángulos son iguales entre sí; el *rectángulo* que tiene dos lados pequeños iguales, y dos grandes tambien iguales, y los cuatro ángulos rectos é iguales entre sí; el *rómbo* que tiene dos ángulos agudos iguales, dos ángulos obtusos iguales, y los cuatro lados iguales entre sí; el *paralelogramo* que tiene dos lados pequeños iguales y paralelos, dos grandes iguales y paralelos, dos ángulos agudos iguales y dos obtusos iguales; por último, el *trapecio* que solo tiene dos lados paralelos.

Todas estas figuras se presentan continuamente en las formas que se dan á las producciones de la industria y en las máquinas que sirven para ejecutar estos productos: con la línea recta tambien se hacen figuras de cinco, de seis, de siete y de muchos mas lados. Todas estas figuras se llaman *polígonos.*

Es menester distinguir los polígonos regulares por su importancia para la industria. El triángulo llamado *equilátero* es una figura regular, y polígono regular de tres lados; porque sus tres lados son iguales, y lo mismo que sus tres ángulos.

El *cuadrado* es una figura regular, y polígono regular de cuatro lados; porque los cuatro lados del cuadrado son iguales entre sí, y tambien son iguales sus cuatro ángulos.

En general el polígono regular es una figura cerrada por lados ó líneas rectas iguales eutre sí, y que formen ángulos tambien iguales entre sí.

Entre los polígonos regulares importantes para la industria hay uno en que es preciso fijar nuestra atencion: este es el polígono de seis lados, que se llama *exágono*. Las abejas al formar sus panales, construyen todas sus casillas en figura de *exágono*.

Si en un círculo se toma con un compás por abertura el radio, y se pasa esta abertura por la circunferencia, á las seis distancias se llega justamente al punto donde se empezó; y tirando líneas por los puntos señalados por el compás se forma un exágono regular. El lado del exágono inscripto de este modo en un círculo, es por consiguiente igual al radio. Hay muchas artes donde esta propiedad tiene la mas feliz aplicacion.

Cada polígono regular puede trazarse en un círculo, de modo que la circunferencia del círculo pase por todos los vértices del polígono, sea el que fuere el número de estos vértices.

Habeis visto la multitud y variedad de aplicaciones de los polígonos en las trazas de embaldosados, vidrieras, mosaicos, embutidos &c: y habiendo considerado separadamente cada una de las figuras de que acabo de explicaros la definicion, traza y propiedades es menester comparar estas figuras.

Las figuras compuestas de líneas rectas son iguales cuando las líneas correspondientes tienen la misma longitud, y cuando los ángulos correspondientes son iguales.

En las artes continuamente se está ofreciendo hacer una obra conforme á un modelo del mismo tamaño, ó un modelo segun la obra dada; y estas cuestiones se consigue resolverlas con la medida exacta de las líneas y ángulos, y con las reglas que da la geometría descriptiva.

Dos figuras *simétricas* tienen los lados correspondientes iguales y los ángulos correspondientes tambien iguales; pero estos lados y estos ángulos se hallan opuestos, de manera que todo lo que en una se halla á la izquierda está á la derecha en la otra. Los dos lados del rostro del hombre presentan el ejemplo mas comun que puede hallarse de dos formas simétricas.

Repárese bien la diferencia que hay entre la igualdad y la simetría. Supongamos que vacio en yeso el lado derecho de mi figura: este vaciado es perfectamente idéntico con el lado derecho, y puede ajustarse exactamente sobre él; y digo que el vaciado es igual á este lado derecho.

Ahora hágase la prueba de aplicar sobre el lado izquierdo el vaciado del lado derecho, y se hallará que es imposible poder ajustar el vaciado con el lado, aunque son perfectamente semejantes y de las mismas dimensiones.

Las figuras que son de un mismo tamaño y de una misma forma en todas sus partes, como los dos lados de una cabeza, se

llaman figuras *simétricas*. Tienen las mismas dimensiones, la misma superficie, el mismo volúmen, pero no son iguales, y aunque tienen relieve no pueden ajustarse una con otra.

El conocimiento de las propiedades geométricas de la simetría es útil en muchas artes. El arquitecto hace uso de ellas en la idea de sus mas bellos edificios, que generalmente compone de dos partes simétricas. Cuando en un camino rectilíneo se plantan á derecha é izquierda filas de árboles semejantes puestos á iguales distancias, los dos lados del camino son simétricos.

En lo interior de un templo ó de un palacio las bóvedas estan sostenidas por filas de pilastras ó de columnas de igual grueso y de igual altura y colocadas á iguales distancias; estas filas son simétricas.

La simetría, cuyo objeto es cumplir las leyes del orden y sencillez, es para el hombre que la contempla un motivo de placer, y le recuerda las ideas de perfeccion, á las cuales da el nombre de belleza.

Hay figuras que no son iguales ni simétricas y que no obstante reproducen exactamente las mismas formas, pero con dimensiones diferentes; tales son las figuras proporcionales.

En orden á estas figuras os he explicado las propiedades de las proporciones llamadas geométricas, por causa de su grande uso en la geometría.

Una proporcion se compone de dos razones iguales. Cada razon tiene dos términos, y el primero dividido por el segundo da precisamente el valor de la razon. Tiene pues una proporcion cuatro términos, dos extremos y dos medios; y el producto de los extremos es igual al producto de los medios.

Las propiedades de los números proporcionales se reproducen todas en las líneas proporcionales. Es muy importante el conocimiento de estas líneas para hacer el diseño ó modelo mayor ó menor que lo que presentan los productos de la industria. Antes de todo es preciso hacer una escala dividida y subdividida en partes iguales: operacion delicada, y que he procurado haceros conocer su importancia, excitándoos á que en vuestras trazas y trabajos tuviéseis aquella exactitud, precision y rigor geométricos, que solo con ellos puede asegurarse un buen resultado.

Hay instrumentos que se usan para hacer una figura semejante á otra; como el compas de proporcion y el pantógrafo, los cuales ya os he descrito.

Las líneas proporcionales enseñan, en orden al triángulo rectángulo y al círculo, las propiedades mas útiles á las operaciones de las artes, que tambien os he explicado.

Pasando de las líneas á las superficies hemos examinado de qué modo la industria puede hacer la superficie mas sencilla, que es la plana, la cual hemos trazado con el cepillo, con la sierra de largo, con la de cortar las estacas, con la circular, y con la rueda guarnecida de gubias y cepillos, inventada por Bramah.

Hemos examinado las figuras que pueden hacerse con planos: la mas sencilla es el *prisma; triangular*, si tiene tres caras, *cuadrangular* si tiene cuatro &c.

El prisma triangular sirve de norma á las herramientas del tornero cuando quiere hacer un cilindro: la óptica se ha servido admirablemente de él para averiguar los colores primitivos de que se compone la luz.

El prisma de cuatro caras presenta una multitud de variedades; si la base es un paralelógramo cuadrado, se llama *paralelipípedo*. Si la base es un paralelógramo rectángulo, y esta base es perpendicular á las otras caras, el paralelipípedo es rectángulo.

Cuando la altura de este último prisma es igual á su ancho y á su grueso, forma la figura llamada *cubo*. El cubo es para los sólidos lo mismo que el cuadrado para las superficies.

La arquitectura hace un continuo uso de los prismas rectangulares en las construcciones con piedra de sillería; ya se siga el sistema romano usando prismas de base en figura de rombo, ó el sistema ciclopeo usando de prismas de bases irregulares encajadas unas con otras.

La pirámide se compone de una base y de un número de caras triangulares que todas se juntan en un punto que se llama cúspide de la pirámide.

Se hace uso de la pirámide en la construccion de los obeliscos. El escultor se vale de las propiedades de las pirámides para concluir sus figuras, el geógrafo para determinar la situacion de varios puntos mas ó menos elevados con arreglo á una base.

Os he manifestado el uso del cuadrado para medir las superficies, y el del cubo para medir los volúmenes.

Habiendo combinado las propiedades de las líneas proporcionales y de los cuadrados, hemos pasado á averiguar y demostrar aquella excelente ley de la naturaleza: la cantidad de luz que un punto luminoso arroja en los cuerpos que ilumina, disminuye en razon del cuadrado de la distancia del punto luminoso al objeto iluminado.

Esta ley de la razon inversa de los cuadrados de las distancias, la hallamos tambien en la atraccion de la tierra, en la del magnetismo, y en la atraccion y repulsion de la electricidad. La

primera de estas propiedades generales, eternas, de la fuerza, de la materia y del espacio, os habeis hallado en estado de comprenderla en pocas lecciones. Sin embargo los físicos y los geómetras han empleado cinco mil años en averiguar las verdades de este orden. Véase la medida del método de enseñar de la ciencia moderna. Esta comparacion os ha enagenado, y por un momento olvidásteis que estaba prevenido el no manifestar indicio de improbacion ó aprobacion, y prorumpísteis en aclamaciones en loor de los progresos de los conocimientos sublimes que procuramos haceros familiares.

Un recuerdo que se presenta á mi imaginacion no me permite poner reparo ni tacha por la infraccion de una regla que conviene al rigor de nuestros estudios y á la sencillez de nuestros métodos.

Durante mi último viage á Inglaterra tuve ocasion de contemplar uno de los mas bellos espectáculos que pueden lisonjear las miras de un aficionado á la industria. He visto juntos en un recinto la flor de los sabios, de los artistas, de los literatos y de los magistrados: en una palabra, los hombres mas ilustres de tres reinos, presididos por el primer ministro de un imperio poderoso; y todo esto era para votar un monumento á un remendon de instrumentos de física, que mas adelante ha sido fabricante de máquinas llamado James Watt; y el primer suscritor para la estatua que se trataba de erigir á este hombre industrioso, ha sido el Rey, que suscribió por doce mil y quinientos francos.

Entre los elocuentes discursos que en aquella ocasion se pronunciaron y que he recogido, hay uno que me ha llamado la atencion. Este es del célebre Mackintosh, uno de los mas brillantes oradores de la cámara de los comunes. Despues de referir en él los progresos que la aplicacion de la ciencia á las artes ha suministrado á la industria británica, Sir James Mackintosh prosigue asi: » Por mi parte estoy persuadido de que estan reservadas para la posteridad en lo mas recóndito del destino otros frutos mas extensos y superiores. La combinacion de las artes útiles y de las bellas-artes ha difundido conocimientos generales á un número mucho mayor de entendimientos; estos conocimientos se han facilitado á aquella clase de hombres generalmente notables por su inteligencia, ingenio, actividad y deseos de instruirse. Hace poco tiempo, continúa, que he visitado una escuela de esta metrópoli, en donde se dan lecciones científicas á los artesanos, y estos eran ochocientos. No he visto jamas reunion mas regular y mas respetable, ni reunion popular do de la decencia y el aseo del vestido y del porte indicasen mas bien un sentimiento moral mas adecuado á las cir-

cunstancias. La leccion versaba sobre un objeto que en la apariencia era superior á la inteligencia de semejante auditorio. Se trataba de hacer comprender la ley de la atraccion, revelada al universo por el ilustre Newton. El maestro explicaba la disminucion de la fuerza atractiva en razon del cuadrado de las distancias. Luego que acabó su explicacion y demostracion, todo el auditorio prorumpió en un aplauso general, como si los hombres de que se componia hubiesen conocido que acababa de revelarse á su inteligencia una verdad nueva y sublime. Tal vez no se habrá oido jamas en ninguna reunion aplauso que hiciese mas honor á los que lo daban." Esta noble pintura de una escena tan interesante para los amantes de los progesos de la especie humana, fue en seguida aplaudida por un auditorio compuesto de los hombres mas eminentes en las ciencias, en las letras y en las artes.

Por mi parte, señores, me es bien fácil probar á la Francia que si lo mas selecto de los hombres que hacen florecer la industria en la soberbia Lóndres, se inflama con un fuego que le honra á la vista de las bellezas de la ciencia y de los descubrimientos del ingenio; lo escogido de los hombres que hacen florecer la industria en nuestra capital, no es menos sensible á estas bellezas intelectuales, ni menos capaz de comprenderlas, ni menos eficaz para emprender y seguir sus progresos y demostracion.

Continúo el resúmen general de nuestras aplicaciones geométricas.

Hemos dado la única medida que es posible tener: quiero decir, la medida aproximativa: 1.° de la circunferencia, 2.° de la superficie del círculo, 3.° de la superficie de un sector, y 4.° de la superficie de un segmento.

Hemos dado igualmente la medida de la superficie de un polígono regular. Estos polígonos regulares tienen una propiedad bien apreciable para las artes. Con un contorno igual encierran mayor espacio que todo polígono irregular que tenga el mismo número de lados. El círculo aun tiene mas ventajas; con un contorno igual encierra mayor espacio que todos los polígonos imaginables.

Estas bellas propiedades os suministran en una multitud de casos, medios fáciles para ejecutar los productos de la industria con la mayor economía posible en el uso de los materiales. Os he citado un grande ejemplo en orden á los caños necesarios para la conduccion de aguas de una poblacion.

La geometría suministra métodos para hallar en cualquier circunstancia la forma y dimensiones de máquinas ó de productos de la industria, á fin de conseguir la mayor economía posi-

ble de tiempo, de extension, de materia, de fuerza y de velocidad; en una palabra, en el consumo de todos los elementos de las artes que pueden producir un beneficio de cosas ó de dinero.

Veremos una aplicacion digna de notarse de estas investigaciones cuando tratemos de hallar las ventajas que se siguen de llevar las cargas por hombres ó por animales.

Al tratar de la línea recta hemos visto las variedades que pueden tener los productos de la industria cuando se les da formas puramente rectilíneas.

La combinacion del círculo y de la línea recta suministra formas nuevas no menos útiles para las artes.

Cuando la circunferencia de un círculo se mueve sin girar, de manera que uno de sus puntos anda una línea recta, todos los demas puntos andan tambien una línea recta, y todas estas rectas son paralelas: el conjunto de todas estas líneas rectas forma el *cilindro*. El mismo cilindro puede igualmente ser producido por una línea recta que se moviese paralelamente apoyándose contra el círculo de que acabamos de hablar.

En las artes se usan estos dos métodos indistintamente. El tornero forma el cilindro describiendo una serie continuada de círculos paralelos con un instrumento cortante. — El carpintero de naves hace un mastil cilíndrico cortando de la madera mas sólida de un tronco una continuacion de aristas en línea recta que empiezan desde la base circular del cilindro.

Es cierto que por el primer método, que es el del tornero, la superficie es exactamente continua en direccion del contorno de cada círculo; mas no hay seguridad de una regularidad y continuidad perfecta al pasar de un círculo al otro. Por el segundo método, que es el del carpintero de buques, es cierto que la superficie es exactamente continua en direccion de cada arista; mas no hay seguridad de una continuidad perfecta en la direccion de cada círculo paralelo á la base.

Os he manifestado las ventajas de esta sensacion de la continuidad, que sola ella puede poneros en estado de juzgar con inteligencia, á la simple vista, de la perfeccion ó defectos de cualquier producto de la industria hecha por buenos ó malos operarios. Hay artes en que la continuidad de formas es de la mayor importancia, y la construccion de buques es uno de los ejemplos principales. De esta continuidad depende en muchos casos el buen ó mal andar de las embarcaciones.

Hay cilindros que en vez de tener por base un círculo, tienen otras curvas muy diferentes que tienen tambien ciertas propiedades geométricas utilísimas para las artes; todas sus aristas son líneas rectas paralelas, y cortando estos cilindros en di-

reccion de una de sus aristas, se puede desplegar y desenvolver para ponerlos sobre un plano que tocarán por todas partes: y asi el cilindro tiene una superficie de las que se llaman desarrollables.

Con efecto, sabeis que un tubo cilíndrico de plomo ó de hoja de lata puede desarrollarse, y entonces la hoja de plomo ó de lata queda perfectamente plana sin necesidad de apretarla ni estirarla por ningun lado; y recíprocamente si se toma una hoja plana y flexible, se puede doblar siempre que se quiera, y formar con ella toda especie de cilindros, sin apretarla ni estirarla de ninguna parte. Esta es una de las principales ocupaciones del hojalatero, del cedacero, del plomero &c.

Cuando la base inferior y la superior del cilindro son planas y las aristas son perpendiculares á estos planos, es fácil calcular la superficie curva y el volúmen del cilindro: la superficie de la parte curva es igual al contorno de la base del cilindro multiplicado por la altura del mismo cilindro. El volúmen del cilindro es igual á la superficie de la base multiplicada por la altura.

Si se toma un cilindro recto circular (que es el mas usado en las artes) y se corta con un plano en direccion oblicua, la seccion que resulta no es un círculo, sino una especie de óvalo notable que se llama *elipse*. El jardinero la traza con una cuerda de un modo muy sencillo. Ata á dos estacas los extremos de su cuerda, en seguida extiende la cuerda cuanto puede haciendo correr por ella hácia uno y otro lado un palo puntiagudo, y de este modo figura la elipse sobre el terreno. Se llaman focos los puntos donde estan puestas las dos estacas que tienen la cuerda: el eje mayor de la elipse pasa por estas dos estacas ó focos. El eje menor es perpendicular al mayor.

Si el contorno de una elipse puede reflejar la luz que sale de un foco, esta luz al reflejarse pasa siempre por el otro foco. Si el contorno de una elipse puede reflejar el sonido de la voz cuando se habla bajo desde un foco de la elipse, todos los sonidos se reflejan al otro foco, en donde se forma un eco muy sensible. Estas excelentes propiedades son muy apreciables para las artes.

Segun las leyes de la atraccion de los cuerpos, celestes si la Tierra ó Marte ó Saturno ó cualquier otro planeta no fuese atraido mas que por el sol, describiria una elipse perfecta alrededor de este astro.

En fin, señores, en esta sesion misma acabo de definir el cono, la esfera, y en general las superficies de revolucion: acabo de indicar la medida de su superficie y de su volúmen, y el modo de trazarlas y hacerlas.

Las secciones del cono nos han dado á conocer la *hipérbola* y la *parábola* de tanto aprecio para la fabricacion de instrumentos de óptica y de acústica.

Concluyo aqui la exposicion de los principios de geometría cuya inteligencia es indispensable para comprender la forma y movimiento de las máquinas.

Ya sabemos medir, hacer y comparar suficiente número de líneas, superficies y sólidos. La línea recta, el círculo, la elipse, la parábola y la hipérbola; los triángulos, los cuadrados, los rectángulos, los paralelógramos, los rombos, los trapecios, los polígonos regulares, y principalmente el exágono; las superficies planas, cilíndricas, cónicas y desarrollables; las esferas y las superficies de revolucion. —— Hemos visto cada una de estas formas empleada en distintas artes, y muchas veces la hemos encontrado producida por la misma naturaleza. Ahora la veremos reproducirse sucesivamente en las máquinas que examinaremos pronto.

En cuanto á las aplicaciones, nos han prestado auxilios para comprender y juzgar de las operaciones, siempre útiles y á veces importantes, en las artes del tornero, del ensamblador, del cantero, del carpintero de casas y de embarcaciones, del hojalatero, del plomero y del cedacero, del vidriero, del ebanista, del solador; en las artes del hilado y tejido del algodon y vello de cachemira; en la fabricacion de instrumentos de relojería, de matemáticas, de óptica y de acústica; de las máquinas de vapor y ruedas para enderezar las maderas &c.

Ahora, señores, debeis concebir la utilidad de la geometría para todas las artes. Todavía nos hallamos en los primeros elementos de esta ciencia fecunda, y ya podemos admirarnos de la abundancia y variedad de aplicaciones que suministra á la industria. Hay todavía servicios mas relevantes que solo puede hacer la geometría sublime: mas para demostrarlos con aprovechamiento seria menester que os familiarizaseis en las operaciones de la geometría descriptiva, de cuya ciencia no puedo recomendaros suficientemente el estudio y la práctica.

Permitidme á lo menos ofreceros un corto número de consideraciones generales sobre las aplicaciones de la geometría sublime. Si entre vosotros hay algun entendimiento bien organizado para concebir las ciencias exactas y sus mas sublimes servicios, estas consideraciones no serán estériles; y tal vez de este modo habré contribuido con cierta ilustracion á atizar el fuego sagrado que no esperaba mas que esta chispa para producir sucesivamante adelantamientos útiles á la ciencia y favorables á la industria. Aquellos que comienzan á cultivar la geo-

metría sublime no pueden conjeturar el encanto que algun dia experimentarán en este trabajo: ni ven en los primeros rudimentos de la ciencia mas que un encadenamiento intrincado de proposiciones abstractas, de demostraciones dificultosas, y descripciones que cansan y desaniman al discurso.

Con efecto, es estudio penoso el de las primeras ideas de la geometría de tres dimensiones. Es menester aprender á figurarse en la imaginacion superficies y curvas cuyas formas, mas ó menos complicadas, varian infinitamente. Es preçiso verlas con el entendimiento, cortándolas, tocándolas y desenvolviéndolas con arreglo á las condiciones dadas. Mas cuando este trabajo intelectual nos ha familiarizado con las propiedades que caracterizan las principales especies de curvas y superficies, parece que llega á crearse en nuestro entendimiento un nuevo orden de ideas: descubrimos las relaciones generales é inmutables que forman las leyes eternas de la extension figurada. Estas verdades matemáticas, lejos de ser abstractas, se presentan á nuestra inteligencia con aspectos visibles, ó por decirlo asi palpables.

Véase de qué modo la imaginacion, que parecia resistirse á ideas puramente racionales, crea de cierta manera un nuevo orden en donde los objetos, sujetos en su posicion, en su figura y en sus movimientos á reglas invariables, presentan por todas partes ideas de orden, de constancia y de armonía.

Cuando en seguida pasamos de este mundo geométrico á la realidad del mundo fisico, volvemos á encontrar en los espacios que ocupa la materia, y en los que recorre, las formas abstractas que la ciencia habia imaginado. Las leyes generales á que estan sujetas estas abstracciones matemáticas reciben sucesivamente su aplicacion. El entendimiento humano descubre con una sorpresa, donde el placer es igual á la admiracion, que el universo y sus fenómenos tienen en su existencia el tipo indeleble de estas formas ideales y de estas leyes teóricas.

Si queremos comprender la inmensa diferencia que se halla entre este nuevo modo de contemplar la naturaleza y el modo de considerarla del vulgo ignorante, tomemos por ejemplo el espectáculo celeste. Para el vulgo, una concavidad sólida, y por la misma razon llamada *cielo* ó *firmamento*, está salpicada de puntos luminosos que parece estan todos á la misma distancia del espectador, y como luces dispersas por el fondo de una bóveda azulada. Cuando se miran mucho tiempo, bien se ve que varían de posicion con respecto á la tierra; algunas se acercan ó se apartan unas de otras; pero estan errantes en el espacio al seguir el camino donde nada se encuentra, ni conserva rastro. Asi es que para los ignorantes todo parece insignificante y li-

mitado en la inmensidad del universo y en la armonía del movimiento del mundo.

El geómetra, que contempla los cielos y reconoce un espectáculo tan diferente, penetra con el pensamiento la continuidad de la bóveda celeste y la supuesta igualdad de sus distancias de la tierra: se forma en la imaginacion una medida de estas distancias, cuya extension, descubierta por su ingenio, parece incomensurable con la magnitud de los objetos que estan á nuestros alcances. Cuando estudia el movimiento de los cuerpos celestes no los considera como errantes ó puestos por casualidad en el vacío del espacio; se figura con precision sus caminos invisibles; se representa la línea recta por la direccion que sigue la luz para venir desde los astros hasta nuestro globo; se representa el círculo en la curva que describe cada punto de los planetas y sus satélites al dar la vuelta alrededor de sus ejes respectivos: para él la elipse está trazada en el cielo, y esta es la órbita donde circula cada planeta alrededor del sol: el foco de esta elipse es un punto que en su imaginacion coincide con otro punto inmaterial; este es el mismo centro del astro que nos da la luz todos los dias y todos los años; hace pasar por este centro un eje matemático, alrededor del cual ve circular todos los cuerpos de nuestro sistema planetario. Concibe un plano invariable en su direccion, con una posicion constante respecto á este sistema, y que sin depender de años ni de siglos se trasporta con el conjunto de planetas y sus sasélites al través de la inmensidad de los espacios celestes.

Mas ¿por qué medios llegará el geómetra á conocer la realidad de un movimiento circular que nosotros no podemos ver ni sentir, porque lleva tras de sí á cada instante nuestro globo, y parece por lo mismo que lleva en direccion opuesta el universo alrededor de nosotros? Solo estudiando la figura de la tierra, de esta tierra cuya medida ha dado su nombre propio á la geometría. La rotacion de los cuerpos celestes está escrita con caracteres indelebles en las formas esferóides que imprime en su superficie. Está escrita en la correspondencia que la ciencia descubre entre el volúmen y densidad media, entre el diámetro y aplanamiento de todos los planetas y sus satélites.

Las superficies de revolucion son producidas de este modo por la perpetuidad de los grandes movimientos de la naturaleza. — Las superficies desarrollables estan igualmente trazadas en la extension del cielo: forman el límite que separa el espacio iluminado por los rayos solares y el espacio privado de estos rayos por la opacidad de los planetas y sus satélites.

Gracias al conocimiento de estas formas geométricas, los fenómenos que llenaban de terror á las naciones que aun se ha-

llaban en la infancia, y que les parecerian un trastorno de las leyes de la naturaleza y la señal de catástrofes aun mas grandes, *los eclipses* no son mas que la conjuncion prevista de una superficie desarrollable, límite de las sombras arrojadas por un cuerpo celeste sobre la superficie esferóide de cualquier otro cuerpo celeste. Y el pronóstico de los eclipses, de su localidad, duracion é intensidad, mirada por mucho tiempo como una revelacion que la divinidad sola podia hacer á los mortales, no es mas que la resolucion de un sencillo problema de geometría.

Por estas sublimes ideas el universo ha dejado de presentarse á los ojos de los hombres bajo el aspecto incoherente de los elementos de la materia, dispersos ó reunidos, descubiertos ó escondidos por los caprichos de la casualidad. La inteligencia humana ha conocido por grados que una geometría sublime dirige los movimientos, las formas y relaciones de magnitud y posicion de todos los cuerpos celestes.— Nuestra ciencia ha pasado, en las aplicaciones de una admirable teoría, hasta conocer el conjunto de las partes figuradas del espacio que han sido, son y serán el lugar, centro, ó eje ú órbita de los movimientos perpetuos que siguen las grandes masas de nuestro sistema planetario y sus menores elementos. De este modo en el espacio y en la duracion todo está sujeto á leyes matemáticas, desde el infinitamente pequeño hasta el infinito.

Meditando sobre estas leyes sabias é inmutables, por las cuales una inteligencia suprema gobierna el tiempo y el universo, los sabios no han podido hallar, para llamarla con arreglo á sus obras, ningun título mas justo y mas sublime que el de GEÓMETRA ETERNO.

Si volvemos á la tierta para examinar los fenómenos que se manifiestan en ella mas cerca de nuestra vista, todavía hallamos en todas partes y á cada instante los vestigios matemáticos de las leyes generales de la materia y extension. Semejantes descubrimientos tan atractivos por su objeto, lo son aun mas por sus consecuencias, pues nos ofrecen una aplicacion de la geometría llena de interes y de utilidad. Esta aplicacion, bosquejada por los filósofos de los tiempos antiguos, no ha tenido el gran caracter de generalidad, profundidad é importancia hasta los siglos modernos. La física le debe haber pasado de la clase de las ciencias conjeturales á la de las ciencias exactas; es decir, de aquellas ciencias en que se halla establecida la verdad rigurosa por medios matemáticos sobre los datos de la observacion y la experiencia.

Las artes útiles, asi como las de entretenimiento, y aun las que parece que no toman de la imaginacion las obras de su in-

genio; todas estas creaciones de la industria social deben á la ciencia, cuyos servicios tratamos de apreciar, la conveniencia y armonía de las proporciones, la fidelidad de las formas imitadas y la perfeccion de las formas ideales. En el simple mecanismo de las bellas artes la misma ciencia ha producido la certidumbre y precision de las operaciones y resultados.

La arquitectura se vale en sus trazas de la geometría para componer los planos de sus edificios y darles regularidad; para figurar el corte gracioso de sus bóvedas; para modelar y contornear las columnas que sostienen sus pórticos y cúpulas, y por último, para dar al corte de las piedras y al ensamblado de las maderas las formas entendidas en que la ingeniosa economía, fiel á todas las conveniencias presentes y futuras, da á los materiales empleados en la obra, aquella elegancia que no perjudica á la fuerza, y aquella ligereza que no se opone á la duracion.

La escultura no podria representar con fidelidad completa los objetos que tiene por objeto imitar, si no se valiera del compás del geómetra, y tomase conocimiento de las posiciones que convienen al equilibrio ó á otros movimientos ejecutados con arreglo á las líneas y sobre planos determinados. La escultura de bajo relieve es mas que una simple proyeccion de los objetos que se han de representar, y menos que el mismo relieve de los objetos naturales; y todavía pertenece á la geometría el arreglo de las degradaciones de la forma, magnitud y posicion, que sirven para distinguir los objetos realzados sobre planos menos distantes ó colocados en el primer término de estos cuadros de tres dimensiones, en los cuales el cincel con sus ilusiones debe igualar al encanto de las obras principales de la paleta y del pincel.

La misma pintura necesita saber los principios geométricos por medio de los cuales determina la dimension aparente, y la desfiguracion de los objetos considerados á varias distancias. La luz que los ilumina, los reflejos que se originan, las sombras que arrojan, tienen direcciones y contornos, degradaciones y matices en que la geometría reproduce y mide la posicion, la figura y la intensidad.

Ultimamente, la música no carece de relaciones con la ciencia de la extension. Los instrumentos que sirven á los artistas para hacer sus conciertos, tienen formas, proporciones y gruesos en que esta ciencia fecunda da los elementos y fija las dimensiones. Los tiempos iguales que constituyen el compas; aquellos tiempos en que la velocidad regula lo que se llama movimiento de la música, y busca en la ejecucion el caracter preciso que debe tener para producir los efectos imaginados por

el compositor; estos tiempos no pueden producirse con exactitud en todos los lugares y en todas las épocas, si no se vale de un contador ó de un péndulo cuya magnitud y figura determina la geometría.

Hé aquí algunos de los servicios que la ciencia de la extension puede hacer á las bellas artes. Ahora hablemos de los servicios que debe hacer á las artes de las obras públicas. Como estas tienen por objeto ejecutar con la mayor precision las formas concebidas por los ingenieros para los edificios principales y para las operaciones de utilidad general, necesitan mas que los demas ramos de la industria humana de los auxilios de la geometría. Asi es que los fundadores de la célebre escuela de obras públicas, llamada politécnica, han puesto por basa de esta enseñanza admirable por su conjunto primitivo, esta ciencia fundamental.

Los discípulos que han salido de esta escuela, rivalizando bien pronto con sus ilustres maestros, han procurado en las distintas carreras, adonde los ha llamado su destino, aplicar la misma ciencia á la idea y ejecucion de las obras puestas á su cuidado. Las artes mas esenciales para la fuerza, bienestar y ornamento de la sociedad se han hecho sucesivamente el objeto de sus adelantamientos y de sus descubrimientos.

Ahora, señores, en vosotros está el procurar con vuestros estudios é invenciones hacer á la Francia servicios grandes y multiplicados para adelantar las artes de la industria particular, que puedan compararse con los que los discípulos de la escuela politécnica han hecho para adelantar las artes de las obras públicas.

PARTE SEGUNDA.

LECCION I.

FUERZAS DEL HOMBRE.

De las fuerzas sensitivas. La vista.

1 Yo llamo *fuerzas sensitivas* los medios de observacion y accion que el hombre ejerce por medio de sus sentidos.

2 El hombre tiene las fuerzas sensitivas de la vista, del oido, del tacto, del olfato y del gusto.

3 Cada una de estas fuerzas sensitivas tiene su utilidad particular en una cierta clase de artes; unas veces sirven para comunicar á nuestro entendimiento el conocimiento de los objetos exteriores, de sus posiciones y de sus movimientos.

Otras veces comunican á nuestros miembros las órdenes y las direcciones de la voluntad para producir una accion mecánica sobre los objetos exteriores, ó para sustraernos á la accion de ellos.

4 Todas las artes han contribuido para aumentar la intensidad, la variedad y la perfeccion de nuestras fuerzas sensitivas.

Las bellas artes les han dado mas extension y mas delicadeza.

Las artes liberales les han dado mas certeza y sagacidad.

Las artes mecánicas les han dado mas rapidez en su accion y reaccion.

5 Para ayudar á la fuerza de la vista se han construido *telescopios* que nos ayudan á ver los objetos lejanos; la lente y el *microscopio* nos ayudan á ver los objetos pequeños cercanos.

6 Idea de lo que deben á estos instrumentos la navegacion, la astronomía, la relojería, la historia natural &c.

7 Para suplir á las enfermedades de la vista se han fabricado los anteojos ordinarios que acercan ó alejan los objetos, los anteojos de vidrios de color &c. las pantallas, los trasparentes &c.

8 El arte ha hecho servicios análogos á la fuerza sensitiva del *oido*.

Las trompetillas acústicas nos procuran el medio de oir á mayores distancias.

9 Bella aplicacion de las trompetillas acústicas para descubrir por el débil ruido de los órganos interiores el estado mas ó menos enfermo de estos órganos.

10 Tubos conductores de los sonidos: su uso para trasmi-

tir las explicaciones y las órdenes en grandes establecImientos de industria.

11 La vocina sirve para hacernos oir á grandes distancias. Su uso á bordo de los navíos. Las máscaras de los actores de la antigüedad eran verdaderas vocinas.

12 La trompa de caza ó corneta de monte, y la trompa ó corneta de las tropas ligeras, se emplea con el mismo objeto.

13 Los anfiteatros son vocinas para el orador, y trompetillas acústicas para el oyente.

14 El sentido del tacto, y los otros sentidos, tambien pueden ser ayudados con el socorro del arte: explicacion sobre este asunto.

15 Los sentidos deben considerarse bajo un punto de vista muy importante para la industria; cual es, el que son *instrumentos de medida.*

Utilidad de las medidas.

16 Cómo la idea de medida y de comparacion concurre al desarrollo de las ideas desde la infancia hasta la vejez.

17 Comparaciones en que la medida es igual al objeto medido: este es el primer grado de perfeccion de la facultad sensitiva de la vista.

18 Comparaciones en que la medida es simplemente de la misma figura que el objeto medido.

19 Progresos del sentido de la vista para juzgar de estas relaciones de igualdad y de semejanza.

20 *Aplicacion* al arte del dibujo. Medios que el maestro debe adoptar para desenvolver bien la facultad comparativa de la vista en sus discípulos.

21 Cómo la imágen de los objetos ausentes queda presente en nuestro pensamiento.

22 Cómo se puede aumentar esta facultad de la imaginacion de seguir viendo distinta y completamente los objetos que no estan ya al alcance de nuestra vista.

23 Ventajas de tal estudio para las concepciones de la industria, á fin de acostumbrarse á comprender, juzgar y ejecutar productos, máquinas y procederes que no se hayan visto mas que algunos instantes.

24 Perfeccion de la vista para juzgar de las distancias.

25 Cómo con la vista se juzga del tamaño de los objetos por su lejanía mas ó menos considerable, y reciprocamente de la distancia por el tamaño.

26 Cómo los pintores y los arquitectos han sacado utilidad de estas comparaciones.

27 *Aplicaciones* á la produccion de muchas ilusiones teatrales muy notables.

28 Socorros mutuos de la vista y de la inteligencia para distinguir y reconocer los objetos.

29 Cómo en la oscuridad los otros sentidos suplen al de la vista para juzgar de los tamaños, de los movimientos y distancias.

30 Cómo durante el dia los hombres aprenden á no dejarse engañar por las ilusiones de la vista.

31 *Aplicaciones* á la navegacion, á la guerra: de qué modo los oficiales de diversas armas han de perfeccionar el sentido de la vista.

32 Uso que el gefe de un taller ó de una fábrica puede y debe hacer de los medios de perfeccion que acabamos de indidicar acerca del sentido de la vista.

33 Por qué grados el sentido de la vista llega á ser un instrumento de medida menos imperfecto, al paso que las artes adelantan en los diferentes pueblos.

34 *Aplicacion* á las bellas artes. Influencia mútua del público sobre los artistas, y de los artistas sobre el público en la perfeccion del sentido de la vista, y de los juicios y de los trabajos que de ella resultan.

35 Progresos notables que se han hecho relativamente á esto de algunos años á esta parte, en la arquitectura y pintura.

36 De la vista considerada como instrumento de medida de los objetos en movimiento.

37 El sentido de la vista nos da tambien la idea y la medida de dos elementos esenciales en la mecánica, como son el tiempo y la velocidad.

38 *Aplicaciones* á las operaciones de la industria.

Utilidad de los instrumentos que suplen la imperfeccion de la simple vista para hacernos juzgar del tiempo: servicio que han hecho á la sociedad entera.

39 Cómo los sentidos del oido y de la vista se prestan un socorro mútuo, para darnos la idea precisa de la duracion y de las velocidades de cada movimiento de los cuerpos que vemos y que nos hacen oir algunos sonidos ó algun ruido.

40 La intensidad de la luz y la variedad de sus colores completan los conocimientos que el hombre puede adquirir por medio del sentido de la vista.

41 Un sin número de artes estan fundadas en las medios de aumentar y disminuir la intensidad de la luz y de variar sus colores. Tales son el alumbrado de las habitaciones, de las ciudades, el tinte de las telas, de los tapices, colgaduras &c.

LECCION II.

Del sentido del oido considerado como instrumento de medida.

42 El sentido del oido puede servir para medir

1.° La duracion de los sonidos y de las pausas.

2.° La fuerza de los sonidos ó del ruido.

3.° La elevacion ó la disminucion de los sonidos.

43 Hay profesiones muy importantes, cuyo aprendizage exige que se forme el sentido del oido, para que llegue á ser un instrumento de medida de la duracion de los sonidos y de las pausas.

44 *Aplicaciones*, en las profesiones militares, á la marcha de la infantería y manejo de armas; en las bellas artes, á los cantores y á toda clase de instrumentistas, y á los compositores de música.

45 En qué consiste que en los trabajos industriales, las operaciones repetidas siempre igualmente por movimientos continuos, se hacen involuntariamente en tiempos iguales.

46 Efectos notables que resultan de esta conformidad de movimientos y de duracion.

47 Impresiones producidas en nosotros por los sonidos y los movimientos de igual duracion 1.° vivos, 2.° lentos; sea en la infancia; sea en la edad madura.

48 Algunas *aplicaciones* de la mecánica á la literatura: al ritmo de la poesía: una parte de los efectos de la poesia consiste en la division regular de los sonidos que hace oir en tiempos iguales, y en la reproduccion de los mismos sonidos al cabo de intérvalos medidos por un número constante de sonidos simples ó equivalentes.

49 Lo que los escritores llaman armonía imitativa, es una combinacion mecánica de sonidos que reproducen con mas ó menos perfeccion en su duracion, su fuerza y su naturaleza, los ruidos y los movimientos de que se quiere recordar la impresion.

50 Indicacion de algunos descubrimientos, que se han hecho para asegurar el buen éxito de novelas y dramas, fundados en la teoría de los sonidos y de la percusion.

51 Cómo las artes y oficios tambien han sacado partido de la facilidad que tienen los hombres de repetir los movimientos simples, continuos y de igual duracion de que se les da el ejemplo. Esta es una de las mayores ventajas de la *division del trabajo.*

Ejemplo sacado de la fabricacion de alfileres.

52 Qué reglas deben seguir los obreros y maestros de taller para operar la division de los trabajos mas ventajosa en cada especie de profesion.

53 La extremada division del trabajo ya tiene el inconveniente de no dejar á muchos obreros mas que una manipulacion limitada, que no pone en accion su inteligencia. Pero por el progreso general de la industria en que las artes se subdividen porque se engrandecen, el número total de las personas llamadas para hacer un frecuente y bello uso de las facultades intelectuales, se aumenta lejos de disminuirse.

54 Se demuestran las ventajas del nuevo sistema de industria por la comparacion de la suerte de la clase obrera en los pueblos de la antigua Europa y de la Europa moderna.

55 Indicacion de algunos medios de explicar el efecto que producen en nososros los sonidos que se repiten regularmente, segun un movimiento lento ó rápido.

56 Bella experiencia de MM. Breguet sobre el medio de corregir uno por otro dos relojes que se hacen andar poniéndolos sobre una misma superficie elástica.

57 Esta experiencia explica el efecto mecánico que muchos hombres, reunidos en el mismo recinto, ejercen los unos sobre los otros, oyendo un trozo de prosa, poesía ó de música.

58 Como un solo instrumento que no da mas que un sonido, puede producir en nosotros los efectos mas opuestos por una simple diferencia de velocidad en la repeticion de este mismo sonido.

Ejemplo primero: el tambor.

Ejemplo segundo: la campana.

59 Los animales experimentan, como nosotros, esta impresion variada, que resulta del toque de los instrumentos de música. Asi es que la trompeta anima al caballo de batalla: los sabuesos se excitan, se lanzan, se detienen, se llaman por los sonidos variados de la trompa de caza.

60 La fuerza de los sonidos se disminuye á medida que el cuerpo sonoro se aleja de nuestro oido. Asi el mismo sentido, que mide la fuerza de los sonidos, puede inferir de ellos la magnitud de las distancias.

61 Esta facultad se desenvuelve sobre todo en los ciegos, y les hace servicios tanto mayores cuanto no pueden juzgar de las distancias, ayudándose con el sentido de la vista.

62 *Aplicacion* de esta propiedad de los sonidos á muchos efectos de las bellas artes. Se sirven de ella para pintar á la imaginacion, por medio de la música, la lejanía gradual ó la cercanía sucesiva de los objetos que el espectáculo debe ofrecer ú ocultar á nuestra vista.

63 Los oradores, los poetas y los actores hacen una aplicacion del mismo género para excitar en nuestros sentidos impresiones cada vez mas vivas y poderosas, ó cada vez mas lentas, y por decirlo asi, moribundas.

64 Del sentido del oido considerado como el instrumento que mide la elevacion y depresion de los sonidos, ó segun se dice, de los *tonos*. Este es, hablando con propiedad, el *sentido músico*.

65 El sentido del oido no tiene naturalmente el don de juzgar bien del valor de los tonos, sino que lo adquiere por el hábito; del mismo modo que por la vista se adquiere el talento de juzgar de las formas y distancias.

66 Los naturales del mediodia estan mas favorecidos de la naturaleza que los del norte, en cuanto á la aptitud para juzgar y reproducir los tonos músicos.

67 De cómo un pueblo entero puede aproximarse por grados á la perfeccion del sentimiento músico en la lengua hablada ó cantada, igualmente que en la audicion y toque de los instrumentos.

68 De lo que falta que hacer en Francia para no estar muy lejos de la perfeccion en este punto.

69 De cómo el progreso del sentido del oido explica los progresos de la armonía del lenguage de diversas naciones: ejemplos tomados de los griegos, romanos y franceses.

70 De cómo las pasiones fuertes y la mera distraccion nos hacen insensibles á los sonidos que vienen á nuestro oido, y no los oimos.

71 Influencia de la palabra en los hombres para luchar, por su propio atractivo, independientemente de la razon que aquella defiende ó combate. De cómo es menester guardarse de los efectos de tal influencia.

72 Del tono que se ha de dar á la voz, y de los medios de manifestar la autoridad correspondiente al mando de los gefes de talleres. Consejos sobre este punto.

73 Del silencio en los talleres. Ejemplo notable que ofrecen los talleres ingleses.

74 Del silencio en las maniobras militares.

75 De cómo llevar el compás ó meramente al oir un canto á compás bien distinto, pueden aliviar la fatiga de ciertos trabajos y reunir la accion de muchos hombres.

76 Exposicion de los progresos del sentido del oido en los pueblos á medida que se civilizan, segun los presenta el arte militar. Música de las tropas bárbaras, de las de la edad media y de las de un pueblo mas civilizado.

77 Resúmen de los servicios que las costnmbres y la indus-

tria de un pueblo deben esperar de la perfeccion de nuestros sentidos, considerados como instrumentos de medida.

LECCION III.

Nuevo sistema de medidas.

78 Inconvenientes numerosos y graves del sistema antiguo de medidas francesas.

79 Complicacion de dicho sistema, señalamiento arbitrario de sus basas: irregularidad de sus divisiones: de lo largo y dificil de los cálculos de las partes alicuotas.

80 Estos inconvenientes proporcionan al fraude medios de engañar á la ignorancia y á la sencillez. De esto resultan frecuentes daños al consumidor y al comerciante.

81 La industria francesa tenia el mayor interes en la abolicion del sistema antiguo de medidas, y en que se estableciese otro nuevo sistema que fuese sencillo, uniforme y regular.

82 De la *unidad* del nuevo sistema.

Es esta una longitud igual á la diezmillonésima patte del cuarto de un círculo meridiano; es decir, la diezmillonésima parte de la distancia del polo al ecuador, medida sobre la superficie de la tierra.

83 Esta unidad de medida linear se llama *metro*. El metro tiene de largo 3 pies, 11 líneas y 269 milésimos de línea.

84 Subdivisiones del metro.

El *decimetro* es la décima parte del metro.

El *centimetro* es la centésima parte del metro.

El *milimetro* es la milésima parte del metro.

85 Para medir largas distancias se forman otras medidas, á saber:

El *decámetro*, que es igual á diez metros.

El *hectómetro*, que es igual á cien metros.

El *kilómetro*, que es igual á mil metros.

El *miriametro*, que es igual á diez mil metros.

86 El kilómetro sirve para medir las distancias en los caminos. Cuatro kilómetros hacen una legua de posta, poco mas [1].

87 Los números simples que expresan en una longitud dada estas diversas medidas que van de diez en diez, dan decenas y centenas de metros que pueden escribirse con un número ordinario único. De la misma manera las subdivisiones del metro

1 La legua de posta es de 12.000 pies, y los cuatro kilometros son igual á 12.314 pies.

suministran fracciones decimales que pueden escribirse formando un solo número.

88 Por consiguiente, cuando se ha medido una longitud cualquiera en miriámetros, kilometros, hectometros, decametros y metros, se escribirán de derecha á izquierda las cifras que expresan el número de medidas de cada especie, poniendo cero en el lugar en que no las haya, y se formará un número único que expresará en metros la dicha longitud.

89 Si hubiere fracciones de metros se escriben despues de una coma, que se pone á la derecha del número de metros, poniendo sucesivamente los decimetros, los centimetros, los milimetros &c., y colocando un cero en el lugar de las medidas que faltaren; en cuya forma se tiene un número decimal único.

90 Si se quisiese formar un número único de una longitud expresada en medidas antiguas, como, por ejemplo, de 3 leguas, 7 toesas, 5 pies, 6 pulgadas, 4 líneas y 7 puntos, serian menester operaciones larguísimas. El número seria muy diferente segun expresase toesas, ó pies ó pulgadas &c.

91 La division decimal y las nuevas medidas, se habian aplicado con suma sencillez para dividir cada cuarto de círculo meridiano de la superficie del globo en 100 grados, el grado en 100 minutos, el minuto en 100 segundos &c. Ciertos obstáculos que el profesor manifestará no permitieron que la sociedad disfrutase de una division sencilla y ventajosa.

92 Medidas de superficies.

Un cuadro, cuyos lados son cada uno de *diez metros* de largo, forma el *ara*. Esta es la unidad de superficie. Un cuadrado diez veces mas largo y diez veces mas ancho forma la *hectara*.

El *ara* contiene 100 metros cuadrados.

La *hectara* contiene *cien* aras, ó *diez mil* metros cuadrados.

93 La hectara sirve para medir tierras en lugar del arpent antiguo (la fanega de tierra ó la aranzada.)

94 El *arpent* antiguo de Paris contiene 3418 metros cuadrados, y 45 centésimos de metro cuadrado.

95 Para medir los sólidos se emplea el metro cúbico, y se llama *estera*.

Para las subdivisiones hay los deci-esteras y centi-esteras, que son décimos y centésimos de la *estera*.

Hay tambien el *deca-estera*, que contiene diez esteras. Estas medidas sirven para la venta de leña y madera, y para las medidas de los arquitectos &c.

96 Para medir los granos, legumbres, líquidos &c. se em-

plean medidas huecas que se llaman medidas de capacidad.

97 La unidad de las medidas de capacidad es la *litra*.

La *litra* es un volúmen de un decimetro cúbico: la *decalitra* contiene diez litras: la *hectolitra* contiene cien litras: la *kilolitra* contiene mil litras: la *mirialitra* contiene diez mil litras.

98 Las subdivisiones de la litra son la *decilitra*, que es la décima parte de la litra: la *centilitra* que es la centésima parte &c. Aqui se ve que se sigue el mismo sistema de nombres que en las medidas de longitud.

99 La unidad de peso es la *grama*; la cual es el peso de un centimetro cúbico de agua destilada reducida á su mayor densidad antes de congelarse.

100 El *decagrama* pesa *diez* gramas: el *hectograma* pesa cien gramas: el *kilograma* pesa mil gramas: el *miriagrama* pesa diez mil gramas: la *tonelada*, medida de marina, pesa mil kilogramas.

101 El decigrama, el centigrama y el miligrama valen respectivamente la décima, la centésima y la milésima parte del grama.

102 El kilograma pesa algo mas de dos libras de las antiguas. Su peso es 2 libras, 5 ochavas y 35 granos.

103 Para medir el tiempo se habia renovado el sistema de los Egipcios y el de Atenas, colonia de Egipto. Dividiase el año ordinario en doce meses, cada uno de treinta dias, y habia cinco dias complementarios.

El mes tenia tres décadas de diez dias. Los dias tenian nombres que recordaban los de primer dia, segundo, tercero &c. hasta el décimo.

104 Debiera haberse conservado esta division del tiempo en las oficinas de cuenta y razon, como tambien en los contratos de comercio y de la industria.

105 Las horas del dia se dividieron tambien, segun el sistema decimal, en diez horas de dia y diez de noche: cada hora en cien minutos, cada minuto en cien segundos &c.

Esta division encontró mas obstáculos todavia que la del calendario.

106 La *moneda* es la medida que se emplea en las artes y la sociedad para determinar el valor comparado de las cosas.

107 En el nuevo sistema la unidad de medida es el *franco*. Divídese en décimos, céntimos y milésimos de franco. Hubiera convenido que se hiciesen piezas de diez francos y de cien francos; pero se prefirió hacerlas de veinte y de cuarenta.

108 La moneda presenta á las artes mecánicas una medida

importante de las fuerzas empleadas en producir efectos apreciables. Reflexiones sobre este punto.

109 El profesor terminará la leccion con algunas consideraciones generales sobre las dificultades efectivas que siempre presenta en las artes mecánicas la introduccion de un nuevo sistema de medidas, y sobre los medios mas eficaces de realizar con *ventaja* semejante *introduccion.*

NOTA Á LA LECCION III.

En esta leccion se da á conocer el nuevo sistema de medidas de Francia, y parece natural dar á conocer en este lugar las nuestras.

No puede ser de nuestro propósito entrar en la cuestion de las ventajas é inconvenientes de este sistema respecto de otros. Lo cierto es, que cuando en Francia se agitó esta cuestion, se advirtieron algunos inconvenientes que traeria la division decimal en el uso comun, que debe ser uno de sus principales objetos. Asi fue que se tenia por mas ventajoso variar el sistema decimal de la numeracion, é introducir el duodecimal; mas esto traia otro género de inconvenientes igualmente graves. Lo que no tiene duda es la utilidad de que el peso y la medida sea uno mismo en un mismo reino; y tambien seria digno de atencion el sistema de subdivision, á fin de que fuese uno mismo, adoptando por ejemplo la division duodecimal en todas las pesas y medidas y en las monedas, en lugar de la variedad que se advierte por efecto de derivarse de distintos orígenes y por casualidades. Esto ofrecia poquísimos inconvenientes, y traeria ciertas ventajas, contadas entre ellas la sencillez que podrian tener los complicados cálculos de la moneda.

No solamente hay variedad de medidas en algunas provincias, sino que tambien se advierte lo mismo en casos particulares. En el ejército se usa el pie frances para la talla del soldado, y otros usos. En obras públicas y fábricas suele verse el uso de la toesa y otras medidas extrangeras.

Dejando aqui estos puntos diremos cuáles son nuestras medidas y pesas. Para esto me he valido de lo que se lee en las adiciones que ha puesto el Sr. D. Juan Lopez de Peñalver á la traduccion de las Cartas de Leonardo Euler. Alli se encuentran reflexiones muy importantes sobre el orígen de nuestras medidas lineales, y una noticia extensa de las medidas y pesas extrangeras, y su correspondencia con las nuestras.

El pie es la raiz de nuestras medidas lineales.

Divídese en mitad, cuarto, octavo y mitad de octavo ó diez y seisavo. Cada una de estas diez y seis partes iguales, en que se divide el pie, se llama *dedo*. El dedo se divide igualmente por mitades sucesivas en mitad, cuarto, octavo y diez y seisavo. Esta division tiene bastante uso en las artes.

Tambien se divide el pie en mitad y cuarto; y el cuarto se divide en tres partes, resultando asi el pie dividido en doce partes. Cada una de estas doce partes en que está dividido el pie se llama *pulgada*.

La pulgada se divide del mismo modo en doce partes iguales, á que llaman *líneas*.

La línea puede dividirse tambien en doce partes iguales, á que llaman *puntos*.

La *vara* es medida usual: compónese de tres pies.

El *estado* es de seis pies.

La *braza* ó *brazada* es tambien de seis pies.

El *codo* es de veinte y cuatro dedos ó pie y medio.

Medidas itinerarias.

La unidad de las medidas itinerarias ha sido realmente el *paso doble* de 5 pies de largo, al cual suelen llamar *paso geométrico*, y en las leyes antiguas *pasada*. A esta unidad se ha referido siempre nuestra legua y no á la vara.

De 1000 pasos se compone la *milla*.

La legua legal fue en otro tiempo de 3 millas, ó 15.000 pies.

La legua comun es de 4 millas, ó 4000 pasos, ó 20.000 pies.

Esta legua se aproxima á la de 20 en grado nonagesimal, pues de ella tiene el grado 19,938.

Nuestra milla es muy próximamente de 80 al grado, siendo la diferencia poco mas de 3 pasos.

	Pies castellanos.	Pasos.
Cuadrante del meridiano....	35.889.220.	7.177,844.
Grado centesimal..............	358.892, 20.	71.178, 44.
Grado nonagesimal.............	398.769, 11.	79.753, 77.
Legua de 20 al grado centesimal.	17.944, 61.	3.588, 92.
Legua de 25 al grado centesimal...	14.355, 68.	2.871, 14.
Legua de 20 al grado nona-		

	Pies castellanos.	Pasos.
gesimal...................	19.938, 46.	3.987, 69.
Legua de 25 al grado nonagesimal	15.950, 76.	3.190, 13.
Milla de 60 al grado nonagesimal......................	6.646, 15.	1.329, 23.
Milla de 80 al grado nonagesimal.........................	4.984, 60.	996, 92.

Medidas cuadradas ó de superficie.

Líneas cuadradas.

144.	Pulgada cuadrada.			
20.736.	144.	Pie cuadrado. (256 dedos cuadrados.)		
186.624.	1.296.	9.	Vara cuadrada.	
746.488.	5.184.	36.	4.	Braza cuadr.

Legua cuadrada............................	400.000.000.	pies cuadrados.
Id..	111.111.111.	brazas cuadradas.
Milla cuadrada...........................	25.000.000.	pies cuadrados.
Id..	1.000.000.	pasos cuadrados.

Las medidas agrarias, ó que se usan para medir las tierras, se refieren á una medida lineal que suelen llamar *estadal*, *pértiga*, *palo &c.*

El *estadal* es muy vario en España, lo mismo que su nombre.

El estadal de 12 pies de largo se ha usado en varias operaciones, y á él nos referimos.

Este estadal cuadrado tiene 144 pies cuadrados.

La *fanega* ó *fanegada* de tierra es un espacio que varia tanto por referirse á distintos estadales, como por el número de ellos.

La fanega legal es de 576 estadales cuadrados.

La fanega de tierra suele dividirse como la de granos en 12 *celemines* de tierra, y el celemin ó almud en 4 cuartillos.

El almud de tierra tiene 48 estadales cuadrados, y el cuartillo 12.

Son muchas las medidas agrarias que con varios nombres usan en las provincias de España.

La *aranzada* ó *alanzada* (un tiro de lanza) es de 400 estadales cuadrados, ó el cuadro de 20 estadales de lado.

La legua cuadrada contiene 4.822 $\frac{1}{2}$ fanegas de tierra de las dichas, ó 6.944 $\frac{1}{2}$ aranzadas.

La milla cuadrada contiene 301 $\frac{1}{2}$ fanegas de tierra, ó 434 aranzadas.

Medidas cúbicas.

Línea cúbica.

1.728.	Pulgada cúbica.			
2.986.024.	1.728.	Pie cub. (4,096 dedos cub.)		
	46.656.	27.	Vara cubica.	
	373.248.	216.	8.	Braza cúbica.

Medidas de capacidad.

Son de dos especies: 1.ª de áridos ó cosas secas: 2.ª de líquidos.

Medidas de áridos.

Se cuenta por *fanegas*, aunque la medida mayor que está en uso es la media fanega.

La fanega se divide en 12 celemines.

El celemin se divide en 4 cuartillos: el cuartillo en 4 ochavos; y el ochavo en 4 ochavillos.

La cabida de la fanega es 4.440 pulgadas cúbicas. La del celemin es 370.

La fanega contiene en agua pura á la temperatura de 15 grados del termometro centigrado, 120 libras y 8 onzas.

El celemin contiene 10 libras, $\frac{2}{3}$ onzas.

Hay mucha variedad de medidas de áridos.

Hay tambien la medida rasada ó colmada en algunas cosas.

Medidas de líquidos.

Son de tres especies: 1.º para el vino, vinagre y demas líquidos: 2.º para la leche: 3.º para el aceite. En rigor no son mas que una.

La *cántara*, *cántaro* ó *arroba* es medida que tiene 1.289 pulgadas cúbicas; y su contenido en agua pura á 15 grados centigrados, y bajo la presion barométrica de 30 pulgadas, 6 líneas, es 35 libras.

La cántara se divide en 8 azumbres: la azumbre en 4 cuartillos; y el cuartillo en 4 copas.

La azumbre para la leche es igual á cinco cuartillos de la medida anterior para el vino.

Las medidas para el aceite estan arregladas al peso, y solo se usan por la comodidad de medir en lugar de pesar. Asi la medida de arroba contiene una arroba de peso de aceite. Divídese como la arroba de peso en 25 libras, y la libra en dos medias libras ó en cuatro cuarterones ó *panillas*.

La medida de arroba de aceite tiene de cabida 1003 $\frac{1}{2}$ pulgadas cúbicas.

El módio es de 16 cántaras.

El módio contiene 2.578 pulgadas cúbicas; y de agua destilada 560 libras á la temperatura dicha.

De las pesas.

La division y composicion de las pesas es de tres maneras: una para los usos comunes: otra para la moneda y peso del oro y la plata; y otra para los boticarios.

En todas ellas la *onza* es una misma, y el *grano* tambien.

Pesas de uso comun.

Adarme.

16.	Onza.			
256.	16.	Libra.		
6.400.	400.	25.	Arroba.	
	1.600.	100.	4.	Quintal.

En algunas partes usan el *arrelde* de 4 libras.

La onza se divide tambien en media y cuarta, y lo mismo la libra y la arroba.

La tonelada es de 20 quintales.

Pesas para el oro y la plata.

Grano.

12.	Tomin.				
36.	3.	Adarme.			
72.	6.	2.	Ochava.		
576.	48.	16.	8.	Onza.	
4.608.	384.	128.	64.	8.	Marco.

Grano.

4.	Caracter.					
12.	13.	Obolo (igual al tomin.)				
24.	6.	2.	Escrúpulo.			
72.	18.	6.	3.	Dracma (igual á la ochava.)		
576.	144.	48.	24.	8.	Onza.	
6.912.	1.728.	576.	288.	96.	12.	Libra.

Queda dicho y se vuelve á decir, que el grano y la onza son iguales en estas tres especies de pesas.

LECCION IV.

Fuerzas físicas del hombre.

110 De la sucesion del trabajo y del descanso, respecto àl gasto de las fuerzas y á su reposicion.

111 Medios diversos de reponer las fuerzas: el sueño de noche y de dia: el alimento &c.

112 Observaciones sobre el modo de aumentar mucho la fuerza de los obreros, con un alimento animal mas arreglado y abundante.

113 Del beneficio que nuevamente ha hecho el gobierno á la clase obrera de la capital, poniendo término al monopolio de corporacion de los carniceros. Consecuencias de esta disposicion en favor de la industria.

114 Del empleo de las fuerzas del hombre andando.

115 Unidad de medida llamada *legua*, la cual representa el espacio que un hombre anda en una hora: á paso corto, es la legua de posta: á paso regular, es la legua comun: á paso largo, es la legua larga de muchas provincias.

116 En lugar de estas indicaciones vagas, es mucho mejor, segun queda dicho en la leccion anterior, tomar el *kilometro* por unidad de medidas itinerarias ó de camino (1).

4 Kilometros hacen poco mas de una legua de posta.

5 Kilometros hacen la legua comun, con corta diferencia.

5 ½ Kilometros hacen una legua marina.

117 Un hombre de mediana fuerza puede andar cada dia, sin gran cansancio, no llevando carga ninguna, 50 kilometros en ocho horas y media de andar efectivo (2).

118 El peso comun de un hombre con vestido ordinario es de 70 kilogramas (3).

119 Por consiguiente, en un dia de camino ó de andar, el hombre trasporta en su persona y vestido, un peso de 70 kilogramas á 50 kilometros de distancia, lo que equivale á trasportar 3.500 kilogramas á la distancia de un kilometro (4).

120 *Aplicacion* de los principios de la andadura á las tropas de infanteria.

Diferencias mas notables en el paso militar de los franceses y de los ingleses.

	Franceses.	*Ingleses.*
Largo del paso-centimetros..................	65.	76.
Número de pasos por minuto.		
Paso regular....................................	76.	75.
Paso acelerado..................................	100.	108.

Espacios andados en una hora.

	Metros.	*Metros.*
A paso regular..	2.964.	3.420.
A paso acelerado........	3.900.	4.925.

Los ingleses tienen el paso de carrera, cadenciado como los dos anteriores, el cual es de 84 centimetros de largo, y el soldado da 150 pasos por minuto; en cuyo caso anda 7.560 metros por hora. Al paso regular de camino andaba el soldado romano 30 kilometros en cinco horas, lo que hacia 6 kilometros por hora (5).

121 Despreciando las fracciones se tendrá el espacio andado en una hora, á saber:

	Kilometr.
Paso acelerado de los franceses...........	4
Paso acelerado de los ingleses........................	5
Paso de camino de los romanos............................	6
Paso de camino acelerado de los romanos................	$7\frac{1}{2}$
Paso de carrera de los ingleses (6)........................	$7\frac{1}{2}$

122 Estas observaciones pueden dar márgen á modificaciones esenciales para mejorar el sistema de la marcha de nuestras tropas.

123 Del andar de los hombres que llevan carga.

124 De lo que se entiende por el *efecto útil* del trabajo de los hombres que llevan carga. Este es el producto de lo que pesa la carga, multiplicado por la distancia que anda el hombre llevando dicha carga.

125 *Efecto útil del trabajo de un dia del hombre cargado*: seis viages de una casa á otra, distante 2 kilometros, con una carga de 68 kilogramas, dan $6\times2\times68=816$ kilogramas trasportadas á la distancia de un kilometro (7).

126 *Efecto útil* del hombre que lleva *la carga colgada al cuello, como los buhoneros &c.* 44 kilogramas de carga, trasportadas á 20 kilometros de distancia = 880 kilogramas trasportadas á un kilometro de distancia (8).

127 Añadiendo el peso del cuerpo que se trasporta á las distancias andadas, reducidas á un metro

1.° Por un soldado frances sin carga ninguna. 3.500 kilograms.
2.° Por un buhonero................................. 2.166
3.° Mozo de carga con 68 kilogs................ 2.048

128 Luego la *cantidad total de accion se disminuye á medida que se aumenta la carga* (9).

129 En cada género de trasporte hay cierta carga que es mas ventajosa que cualquiera otra, é importa mucho conocerla.

130. Exposicion de las investigaciones experimentales que ha hecho Mr. Coulomb en esta materia.

131 El mayor efecto que puede producir el hombre con la carga colgada al cuello, es una carga de 50 y $\frac{4}{10}$ kilogramas llevada á la distancia de 18 kilometros: lo que equivale á 907 kilogramas trasportadas á un kilometro de distancia (10).

132 Mozo de carga que va y viene á cortas distancias, ya con carga, ya sin ella. Carga mas vantajosa 61 $\frac{1}{4}$ kilogramas. En tal caso el efecto útil máximo es de 691 $\frac{1}{2}$ kilogramas trasportadas á un kilometro de distancia (11).

133 Una persona que sube una escalera sin carga ninguna, levanta el peso de su cuerpo y de sus vestidos, esto es, 70 kilogramas. Si puede subir 4 horas solamente de las 24 del dia, levantará 70 kilogramas á 3.360 metros, ó 235.200 kilogramas á un metro de altura (12).

134 Experimentos hechos con marinos franceses dirigidos por el célebre Bordá, para subir al pico de Tenerife: el cual da una medida de este modo de emplear la fuerza del hombre.

135 Consideraciones sobre las pendientes ó cuestas que convienen al andar del hombre, para llegar á ciertas alturas, con la mayor ventaja, andando espacios mas ó menos largos.

136 De los porteadores que se emplean en subir cargas por escaleras. Mayor *efecto útil* del jornalero porteador que sube leña en una casa = 52.848 kilogramas levantadas á un metro (13).

137 Llevando en cuenta el peso mismo del porteador, la cantidad total de materia que levanta á un metro, en un dia = 109.000 kilogramas: siendo asi que los marinos de Bordá que no tenian que llevar mas que su cuerpo, levantaron 235.200 kilogramas á un metro, lo cual es mas del doble (14).

138 *De esto resulta que se ganará 50 por 100 haciendo subir de vacio á los trabajadores, para que bajen como contrapeso de las cargas que se han de levantar, en lugar de hacer que suban estas cargas á hombro.* Este es un ejemplo sencillo y notable de la utilidad de las consideraciones mecánicas mas sencillas.

139 *Aplicacion* de este resultado al trabajo de las ruedas de escalones.

140 Descripcion de las ruedas de escalones que se emplean en las cárceles de Inglaterra. Valuacion de la fuerza humana empleada en estas ruedas.

141 De la fuerza comparada de los obreros de diversas naciones, los franceses, los ingleses y los turcos.

142 Descripcion del instrumento para medir las fuerzas musculares, inventado por *Mr. Regnier.*

NOTAS Á LA LECCION IV.

(1) La legua no es una medida vaga é indeterminada como podria creerse por lo que indica el autor. En todas las naciones cultas está señalada la extension de la unidad itineraria, á que llaman legua, milla &c. En el uso comun, y en varios parages y provincias donde no estan marcadas las leguas, es donde en todas las naciones llaman legua ó una hora de camino, á una distancia prudencial. En los demas tan fija es la legua ó milla de varias naciones como el kilometro.

4 kilometros hacen 14.355, 7 pies castellanos, á 2.871 pasos dobles ó geométricos de 5 pies, qne son $2\frac{1}{2}$ millas y 371 pasos.

5 kilometros hacen 17.945 pies ó 3.589 pasos, que son $3\frac{1}{2}$ millas y 89 pasos.

$5\frac{1}{2}$ kilometros hacen 19.739 pies ó 3.948 pasos, que son 3 millas con mas 948 pasos, ó cerca de 4 millas.

(2) Esto equlvale á andar $35.889\frac{1}{4}$ pies en las $8\frac{1}{2}$ horas. Podemos pues sentar que el hombre sin carga anda en un dia á razon de 36 millas en nueve horas, lo que viene á ser 4 millas ó una legua por hora.

(3) El peso de un hombre con su ropa será pues de 152 libras castellanas. Podemos pues adoptar que el peso comun de un hombre con su ropa es de 150 libras ó 6 arrobas.

(4) Por consiguiente, en un dia de andar efectivo el hombre trasporta un peso de 6 arrobas á la distancia de 36 millas ó 9 leguas; lo que equivale á trasportar un peso de 54 arrobas á la distancia de una legua, ó un peso de 216 arrobas á la distancia de una milla.

(5) El largo del paso en líneas del pie de Castilla será pues como sigue:

	Frances.	*Ingles.*
	336 lín.	393. lín.

Siendo el número de pasos por minuto,

Paso regular	76	75
Paso acelerado	100	108

Los espacios andados en una hora serán:

	Pies.	Pies.
A paso regular	10.638	12.274.
A paso acelerado	13.997	17.675.

El paso de carrera de los ingleses será de 434 líneas, y andando el soldado 150 pasos por minuto, andará 27.132 pies por hora, ó 5.426 pasos, que hacen cerca de 5 ½ millas por hora.

El soldado romano andaba 2,15 millas en 5 horas, lo que equivale á 4,3 millas por hora.

(6) El espacio andado en una hora será, á saber:

	Millas.
A paso acelerado de los franceses	2, 8.
A paso acelerado de los ingleses	3, 5.
A paso de camino de los romanos	4, 3.
A paso de camino acelerado de los romanos	5, 4.
A paso de carrera de los ingleses	5, 4.

(7) El *efecto útil* en un dia del hombre cargado con 6 arrobas que anda 8 ½ millas será 8, 5 × 6 = 51 arrobas trasportadas á una milla, ó despreciando una arroba pnede sentarse que es de 50 arrobas trasportadas á una milla.

(8) Los 44 kilogramas hacen unas 95 libras, y los 20 kilometros hacen 14, 4 millas. Asi pues el efecto útil en este caso será 63 arrobas trasportadas á una milla de distancia.

(9) En este caso se tendrá que el efecto útil á un pie de distancia será:

Por un soldado frances	1.092 arrobas.
Por un buhonero	676.
Mozo cargado con 6 arrobas	639.

(10) Esto equivale á llevar 109 ½ libras á 12, 9 millas de distancia, ó á llevar 1.412 libras ó 56 ½ arrobas á una milla de distancia.

(11) La carga mas ventajosa de 61 ¼ kilogramas equivale á 133 libras nuestras ó 5 arrobas y 8 libras. El efecto útil máximo es de 1.079 libras ó 43 arrobas trasportadas á una milla de distancia.

(12) El hombre que sube una escalera levanta el peso de su cuerpo y ropa, qne hemos supuesto de 6 arrobas (véase la nota 3). Si va sin carga ninguna, y anda cuatro horas, levantará 6 arrobas á 12.050 pies (3.360 metros), ó 72.354 arrobas á un pie de altura.

(13) Mayor efecto útil del hombre que sube leña en una casa 16.490 arrobas levantadas á un pie de altura.

(14) La cantidad total de materia que levanta el hombre llevando en cuenta su propio peso, será 34.010 arrobas á un pie de altura.

LECCION V.

Fuerza de los animales.

143 De la inteligencia del hombre empleada en domesticar y domar los animales.

144 De los animales cuya fuerza puede aplicar el hombre al trabajo de la industria.

De los caballos.

145 Consideraciones sobre las diversas especies de caballos de montar, de carga y de tiro.

146 De los medios convenientes pera regenerar en Francia las especies dichas.

147 Efecto útil que produce un caballo de montar cargado con 90 kilogramas de peso del ginete y de sus efectos : 3.600 kilogramas trasportadas á un kilometro de distancia (1).

148 Efecto útil del caballo de carga que lleva 100 ó 150 kilogramas de peso : 4 000 kilogramas trasportadas á un kilometro de distancia (2).

149 Asi pues el efecto útil que produce un caballo de carga equivale, con corta diferencia, al que producen cinco hombres con la carga al cuello.

150 El caballo de tiro puede llevar ademas del carruage 700 á 750 kilogramas, y andar 38 kilometros al dia. Esto da el efecto útil de 28.500 kilogramas trasportadas á un kilometro (3).

151 Un caballo que tira de un carruage producirá pues un efecto útil diario, igual al que producen 32 hombres con la carga colgada al cuello.

152 Los 32 hombres con la carga colgada del cuello á razon de 1 fr., 50 cent. de salario al dia, harian un gasto de 48 francos. El caballo alquilado con su carro costaria á lo mas 5 francos.

153 Este resultado enseña cuán ventajoso es á la industria valerse de la fuerza del caballo y de la máquina llamada carro, en lugar de la fuerza de los hombres que llevan la carga colgada al cuello con ciertos ganchos.

154 El caballo del carruagero anda unos 4 kilometros por hora (4).

155 El caballo de las diligencias francesas, en varios de nuestros caminos, no anda mas que una posta por hora, es decir, 8 kilometros por hora.

156 El efecto útil al dia de este caballo de diligencia, equivale á 12.960 kilogramas trasportadas á un kilómetro (5).

157 De cómo el precio de los trasportes, por medio de ruedas y de la diligencia, está arreglado por el efecto útil de los caballos, segun van al paso ó al trote.

158 De cómo, á medida que se perfeccionan las artes en un pueblo, toma mas rapidez el trasporte de sus viageros y el de los productos de su industria.

159 Comparacion del efecto útil que produce un caballo de diligencia en Inglaterra y en Francia.

160 Comparacion de la velocidad de los trasportes en Italia, Francia é Inglaterra.

161 Comparacion general de los recursos de la Francia y de la Inglaterra en animales domésticos.

162 Consecuencias extensas é importantes que resultan al pueblo en donde es mayor la poblacion animal doméstica, en proporcion con la poblacion humana.

163 Valuacion del porte en *ruedas* en Inglaterra.

De los caballos tirando en torno.

164 Un caballo que tira de un carruage cargado hace un trabajo que equivale al de 7 hombres que tirasen de igual carruage.

165 El hombre que lleva una carretilla produce un efecto útil, que solo es la décima octava parte del caballo de un carro.

166 Uso del dinamometro de Mr. Regnier para medir la fuerza con que obran los caballos de tiro.

167 El caballo de carro, en su trabajo habitual, tira con una fuerza que representa un peso de 50 á 70 kilogramas (6).

168 Un caballo de arado tira con una fuerza de 72 kilogramas: anda 26 kilometros al dia; y el efecto útil que produce equivale á 1.872 kilogramas trasportadas á un kilometro (7).

169 Experimentos de Mr. de Rumfort sobre la fuerza con que los caballos tiran de los carruages suspendidos andando en caminos empedrados, de hierro &c.

170 Observaciones sobre la importancia de dar buen trato á los animales en beneficio de la industria y en honor de la *humanidad.*

(1) Reduciendo los datos del autor á peso y medida nuestro, hallamos que un caballo de montar, cargado con 200 libras ú 8 arrobas, produce el efecto útil de 225 arrobas trasportadas á una milla de distancia, despreciando alguna fraccion.

(2) El efecto útil del caballo de carga con 10 arrobas de peso, será 287 arrobas trasportadas á una milla de distancia.

(3) El caballo de tiro lleva ademas del carruage 60 arrobas de peso, y anda 28 millas. Su efecto útil en un dia será pues 1.680 arrobas trasportadas á una milla de distancia.

(4) Los 4 kilómetros son 2, 87 millas, y asi puede sentarse que el caballo de carruage anda 3 millas por hora.

(5) El caballo de las diligencias francesas, andará segun esto 5, 74 millas, ó cerca de 5 $\frac{3}{4}$ millas por hora.

El efecto útil de este caballo de diligencia será 808 arrobas trasportadas á una milla de distancia.

(6) La fuerza con que tira el caballo de carro representará un peso de 110 á 150 libras.

(7) Un caballo de arado tira con una fuerza de 156 libras, ó con corta diferencia 6 arrobas. Anda 18 millas al dia, y el efecto útil que produce equivale á 108 arrobas trasportadas á una milla de distancia.

LECCION VI.

De las leyes del movimiento.

171 Cuando un cuerpo está en reposo, si no hay ninguna fuerza que lo solicite á moverse, continua en reposo sin fin.

172 Cuando un cuerpo se mueve, es menester que obre alguna fuerza, ó que haya obrado sobre él para hacerle mudar de lugar.

173 Cuando un cuerpo ha empezado á moverse en una direccion, si no viene alguna fuerza nueva á obrar en él, y si no halla algun obstáculo, seguirá siempre en la misma direccion, corriendo distancias iguales en tiempos iguales. Tal es el movimiento *uniforme*.

174 Dos fuerzas que obran en una misma línea recta y en el mismo *sentido* sobre un cuerpo, le hacen andar lo mismo que haria una sola fuerza igual á la suma de las otras dos.

175 Si las dos fuerzas obran en sentido *contrario*, producen el mismo efecto que una sola fuerza igual á su *difereneia*, y dirigida como la mayor de las dos.

176 Las dos fuerzas que obran juntas se llaman *componen-*

tes, y la fuerza única que produce el mismo resultado se llama la *resultante* de estas fuerzas.

177 Todas las fuerzas componentes que se quieran, que obran en un mismo sentido, en una misma línea recta, tienen una resultante igual á su *suma* dirigida segun esta recta.

178 Si á estas fuerzas componentes, que obran en un sentido, se oponen otras fuerzas que obran en sentido contrario, la suma de las primeras, menos la suma de las segundas, será la resultante única, dirigida del lado de la mayor suma.

179 La velocidad es la razon del tiempo con el espacio corrido.

180 La velocidad de un cuerpo es proporcional á la fuerza que lo pone en movimiento.

181 Siendo una misma la fuerza, la velocidad del cuerpo es tanto menor, cuanto el cuerpo tiene mas masa, y reciprocamente. Esto depende de la inercia de la materia.

182 La inercia de la materia influye mucho en las máquinas que emplea la industria.

183 De la fuerza necesaria para producir efectos útiles determinados, trasportando cargas sobre la tierra.

184 Idea de las resistencias que nacen del rozamiento.

185 Consecuencias sobre la regla que debe seguir la industria para pagar la fuerza empleada en producir efectos determinados.

186 *De las fuerzas paralelas.* Cuando dos ó mas fuerzas obran en un mismo sentido, sobre un mismo cuerpo en direcciones paralelas, el efecto que producen para hacer andar el cuerpo, es el mismo que el de una fuerza única igual á la suma de ellas.

187 Si algunas fuerzas paralelas obran en un sentido, y las otras en sentido contrario, la resultante de ellas será una sola fuerza igual á la diferencia entre la suma de las primeras, y la suma de las segundas, si la primera suma es la mayor.

188 Ademas la resultante estará en el sentido de las fuerzas que presentan la suma mayor.

189 Cómo se determina la posicion de la resultante.

190 Las propiedades de las paralelas conducen á la determinacion de un punto notable á que llaman el *centro de gravedad.*

191 *Aplicaciones* numerosas y variadas de las propiedades del centro de gravedad en los usos de la vida, y en las operaciones de las artes.

LECCION VII.

Continuacion de las leyes del movimiento.

192 Cuando dos fuerzas obran á la vez para hacer andar un cuerpo en la misma línea recta, le hacen correr en un tiempo dado, tanto espacio como correria si las dos fuerzas obrasen sucesivamente y durante el mismo tiempo sobre el cuerpo mencionado.

193 Del mismo modo cuando dos fuerzas obran á la vez en un tiempo dado, la una para hacer adelantar y la otra para hacer ir atras un cuerpo en una misma línea recta, el espacio corrido por el cuerpo es el mismo que seria, si durante igual tiempo, hubiese primero adelantado por el efecto de la primera fuerza sola, y despues retrogradase por el efecto de la segunda fuerza sola.

194 Esta propiedad que tiene la materia de correr el mismo espacio total en un mismo tiempo, cuando varias fuerzas obran á la vez en la misma direccion, y cuando cada fuerza obra sucesivamente durante el mismo tiempo; esta propiedad, repito, no pertenece solamente á los cuerpos que estan solicitados al movimiento por fuerzas que obran en una misma línea recta; sino que es general sea cual fuese la direccion de las fuerzas.

195 *Aplicacion* al paso de los marineros y pasageros en un barco impelido por viento ó por la fuerza de vapor.

196 *Otra aplicacion*: juego de billar &c. puestos sobre una nave.

197 Del principio que se acaba de explicar resulta el teorema siguiente, que es de los mas importantes de la mecánica.

198 Se construye un paralelogramo, del cual se consideran dos lados contiguos, y en el vértice comun de dichos dos lados se pone un cuerpo; si á este cuerpo le impele una fuerza en la direccion del primer lado, y otra fuerza en la direccion del otro lado; si ademas el cuerpo impelido por cada fuerza separadamente corre en un tiempo dado el primer lado del paralelogramo, el cual representa la primera fuerza, y el segundo lado que representa la segunda fuerza, digo que si las dos fuerzas obran á la vez, durante el mismo tiempo dado: 1.° el cuerpo se moverá en la diagonal del paralelogramo: 2.° el cuerpo llegará á la extremidad de esta diagonal al fin del tiempo que hubiera gastado en correr cada uno de los lados, si las dos fuerzas componentes hubiesen obrado sucesivamente.

199 Este teorema se expresa con mucha mayor sencillez, diciendo: Si dos lados contiguos de un paralelogramo representan la magnitud y direccion de dos fuerzas componentes, su

resultante estará representada en magnitud y direccion por la diagonal del mismo paralelogramo, tirada desde el vértice que forman los dos lados que se consideran.

200 Cuanto mas agudo es el ángulo que forman los dos componentes, mas se acerca la resultante á ser igual á la suma de ellas.

201 Cuanto mas obtuso es el ángulo que forman las dos componentes, mas se acerca á ser igual á la diferencia de ellas.

202 En las artes mecánicas se hace frecuente aplicacion de esta propiedad.

203 *Aplicaciones* al embalage, al tiro de flechas con el arco, al tocar de las cuerdas del harpa ó de violin.

204 Cuando tres, cuatro ó cinco fuerzas componentes, y en general cualquiera número de ellas, obran sobre un cuerpo cualquiera, durante un tiempo dado, dichas fuerzas trasportan el cuerpo al mismo punto del espacio, sea que obren todas á la vez, ó una á una, dos á dos &c.

205 Representando estas fuerzas en magnitud y direccion por líneas rectas, y poniendo sucesivamente la segunda línea recta al extremo de la primera, la tercera al extremo de la segunda, y asi de las demas, el extremo de la última línea recta será el punto donde llegará el cuerpo solicitado por todas las fuerzas una á una; y por consiguiente será tambien el punto adonde llegará el cuerpo solicitado por todas las fuerzas juntas.

206 Si todas las fuerzas se hacen equilibrio, el cuerpo no va adelante ni atras cuando obran á un mismo tiempo. Si en este caso se colocan tambien una al extremo de otra, las rectas que representan estas fuerzas en magnitud y direccion, el extremo de la ultima vendrá á parar al principio de la primera; y asi el cuerpo llevado de esta manera por las dichas fuerzas, vuelve al mismo punto de donde salió.

207 Por medio de aplicaciones muy sencillas de la teoría de las paralelas, la geometría elemental y la geometría descriptiva suministran medios fáciles de representar con proyecciones las componentes y resultantes de cuantas fuerzas se quieran que obran en un punto material.

208 Del mismo modo que un paralelogramo hace sensible la composicion de dos fuerzas sobre un plano, asi tambien un prisma paralelográmico puede hacer sensible la composicion de tres fuerzas cualesquiera que obren sobre un punto material.

LECCION VIII.

Máquinas simples. — Las cuerdas.

209 De las cuerdas, suponiéndolas perfectamente flexibles, inextensibles y sin peso.

210 Composicion de las fuerzas aplicadas á los dos extremos de una cuerda. De las *tensiones* que en este caso sufren las cuerdas.

211 De cómo se rompen las cuerdas. Medios de medir la resistencia de que las cuerdas son susceptibles.

212 De lo que sucede cuando varias fuerzas estan aplicadas á cada extremo de una cuerda.

213 *Aplicaciones* al toque de las campanas, y á las mazas para hincar estacas.

214 De una cuerda que está tirada á la vez por sus dos extremidades, y por un punto intermedio: del ángulo que forman las dos partes de esta cuerda contadas desde dicho punto.

215 De las cuerdas tiradas por fuerzas en los extremos de ellas, y en otros puntos intermedios cualesquiera.

216 Cuando un número cualquiera de fuerzas aplicadas á diversos puntos de una misma cuerda estan en equilibrio, si se aplican todas las mismas fuerzas á un mismo punto sin mudar ni su magnitud, ni su direccion, todas las fuerzas trasportadas de esta manera, y desembarazadas de la cuerda, estan igualmente en equilibrio entre sí.

217 Del equilibrio de una cuerda cuando se cuelga á lo largo de ella cualquier número de pesos. De las tensiones de la cuerda.

218 Efectos de la gravedad sobre las cuerdas. Cuando una cuerda está sujeta por sus dos extremos, toma la forma de una curva llamada *catenaria*. Importa mucho conocerla por su uso en varias artes mecánicas.

219 Si por el punto mas bajo de la catenaria se levanta una perpendicular, las partes de esta curva á derecha é izquierda de la perpendicular, serán simétricas.

220 En cualquier punto que se haga acabar una catenaria material, no se muda su forma ni su estado de equilibrio.

221 De las tensiones comparadas de la catenaria en sus extremos y en el punto mas bajo. En este último es la tension la menor. La mayor es en el punto de suspension. Luego si la catenaria fuere de igual resistencia en todas sus partes, y hubiese de romperse por alguna parte, se romperá por el punto de suspension.

222 Si se comparan dos catenarias de figura semejante, pero que la una de ellas es dos veces mas pequeña, y dos veces mas pesada que la otra, ó tres veces mas pequeña y tres veces mas pesada que la otra; ó cuatro veces mas pequeña y cuatro veces mas pesada que la otra, la tension que experimentan las dos catenarias en puntos situados semejantemente, son iguales en ambas.

223 Comparacion de las catenarias que no tienen en una misma razon sus cuerdas y sus ságitas.

224 De cómo es imposible poner tirante en línea recta un cable ó cordel, tirando horizontalmente por los dos cabos, sea cual fuere la fuerza que se emplee para conseguirlo.

225 *Aplicacion* de las propiedades de las cuerdas.

1.º A los cables de cáñamo y de hierro que se emplean para tener al áncora las naves.

226 2.º A los cordages que componen el aparejo de una nave.

227 3.º Al equilibrio de los puentes de cadenas de hierro. Principios en que se funda el sistema de ellos.

228 Del movimiento circular de las cuerdas que estan sujetas por un cabo á un punto fijo, y por el otro animadas de una fuerza.

229 De la fuerza centrípeta, de la fuerza centrífuga y de la fuerza tangencial. La razon en que estan.

230 *Aplicacion* al movimiento de las ondas.

231 *Aplicacion* de las propiedades del movimiento circular á los volantes que se emplean en las máquinas.

LECCION IX.

Máquinas simples. — La palanca.

232 Segun la definicion que dan los geómetras, la *palanca* es una línea inflexible que tiene un solo punto inmóvil, y por consiguiente puede girar libremente alrededor de dicho punto.

233 Este punto inmóvil que descansa sobre un obstáculo, ó sobre un apoyo fijo, es lo que llaman el *punto de apoyo*.

234 De cómo el equilibrio de una palanca solicitada por dos fuerzas, una en cada extremo de ella, puede deducirse de las propiedades del paralelogramo de las fuerzas.

235 Otro modo mas sencillo y fácil de demostrar las propiedades del equilibrio y movimiento de la palanca, en el caso de que las dos fuerzas aplicadas á los extremos de ella son paralelas.

236 Para este equilibrio es menester que la magnitud de las

dos fuerzas esté en razon inversa de su distancia al punto de apoyo: ó *en otros términos*, si se multiplica cada fuerza por su distancia al punto de apoyo, es menester que los productos que asi se forman, sean iguales.

237 *Aplicacion.* Esta propiedad del equilibrio de la palanca sirve para pesar los cuerpos.

238 De la máquina llamada *peso de cruz*: *de la romana*: principio de su equilibrio, de su graduacion, de su uso. De las principales circunstancias en la construccion de una y otra [1].

239 Del equilibrio de la palanca angular, ó con codo, deducido del equilibrio de la palanca recta.

240 En la palanca angular, si las dos fuerzas obran para hacerla girar en sentidos contrarios, y si se multiplica cada fuerza por la distancia del punto de apoyo á la línea recta que representa la direccion de dicha fuerza, y si estos dos productos son iguales, habrá equilibrio.

241 Del modo de determinar las condiciones de equilibrio de una palanca solicitada por mas de dos fuerzas, unas para hacerle girar en un sentido, y las otras para hacerle girar en sentido contrario. Segun los principios de la composicion de las fuerzas (dados en las lecciones VI y VII), es menester tomar la resultante de las primeras: luego tomar la resultante de las segundas, y ver si cada una de dichas resultantes, multiplicada por su distancia al punto de apoyo, da igual producto.

242 Hay tres especies de palancas.

Primera especie. El punto de apoyo está entre las dos fuerzas, que son la potencia y la resistencia.

Segunda especie. El punto de apoyo está fuera de las dos fuerzas del lado de la resistencia.

Tercera especie. El punto de apoyo está fuera de las dos fuerzas del lado de la potencia.

243 Vuélvese al exámen de los pesos de cruz. Es menester atender al peso de la palanca llamada *fiel*, y el peso de los platillos de las balanzas.

244 De cómo se fabrican pesos de cruz falsos, y modo de conocer su exactitud, ó si son falsos.

245 *Del peso doble.* Medio usado por Borda para pesar exactamente un cuerpo con un peso de cruz cualquiera, pesándolo dos veces consecutivas, la primera con el cuerpo; la segunda poniendo en lugar de este cuerpo una cantidad de peso suficiente para hacer equilibro al peso ó pesas que en el otro

1 Del *peson* ó aparato para pesar cuerpos muy pesados. — *Aplicacion* de la palanca para pesar los carros cargados: consideraciones sobre esto en la conservacion de los caminos reales.

platillo de la balanza hacia equilibrio al cuerpo propuesto. Este medio puede aplicarse útilmente al uso de la romana.

246 Del centro de gravedad de los pesos de cruz. Su posicion mas ó menos alta hace que el peso de cruz tenga mas ó ó menos movilidad: dos inconvenientes que deben evitarse igualmente.

De la polea.

247 Una polea completa se compone: 1.º de una rueda circular, en cuyo contorno hay una canal destinada á recibir una cuerda, llámase á esto el *carril* de la polea: 2.º de un *eje* que pasa por el centro de la rueda: 3.º de una chapa que es una pieza horquillada, en la cual da vueltas el *eje*. A esta pieza llaman las *armas*.

248 Hay dos especies de poleas, á saber: poleas fijas y poleas movibles. En la polea fija la chapa ó armas está inmóvil, y de consiguiente lo está el *eje*. En la polea movible el eje anda adelante ó atras con las armas y la rueda.

249 Condicion del equilibrio en la polea fija. La potencia debe ser igual á la resistencia, sea cual fuese la direccion de cada parte de la cuerda á que está aplicada una y otra de dichas fuerzas.

250 Por medio del paralelogramo de las fuerzas, se determina facilmente la direccion y magnitud de la presion que la potencia y la resistencia producen sobre el punto de apoyo.

251 Este esfuerzo es el máximo cuando dichas dos fuerzas son paralelas.

252 Equilibrio de la polea móvil. En esta polea uno de los extremos de la cuerda está atado á un obstáculo fijo. Al otro extremo de la cuerda está fija unas veces la potencia, y otras la resistencia.

253 En ambos casos la resistencia está representada por la diagonal de un paralelogramo, cuyos lados representan por una parte la potencia, y por la otra la tension que ejerce la cuerda sobre el punto de apoyo.

254 Combinacion de las poleas fijas y de las movibles.

255 *Aplicacion.* Suspension de los faroles de las calles.

256 De los diferentes sistemas de poleas. De los *polipastos* ó *troculas*: condicion de su equilibrio.

Troculas que tienen muchas ruedas en un mismo eje.

Troculas que tienen muchas ruedas en las mismas armas, pero en diferentes ejes.

257 Efectos de la gravedad sobre las poleas.

LECCION X.

Del torno ó cabrestante.

258 El torno se compone de un cilindro y de una rueda circular que tiene un mismo eje y estan juntos, de manera que la rueda no puede dar vueltas sin que las dé con ella el cilindro. Una cuerda está sujeta por un extremo y enrollada sobre el cilindro; y en el otro extremo de la cuerda está atada la resistencia. Finalmente la potencia está aplicada á la circunferencia de la rueda inmediatamente ó por medio de una cuerda.

259 En esta máquina el efecto de la potencia es proporcional al radio de la rueda, en cuya circunferencia está aplicada la potencia.

260 El efecto de la resistencia es proporcional al radio del cilindro, en cuya circunferencia está aplicada dicha resistencia.

261 Para que haya equilibrio es menester: 1.° que la potencia se dirija á hacer girar el torno en un sentido, y la resistencia en sentido opuesto: 2.° que el producto de la potencia multiplicada por el radio de la rueda, sea igual al producto de la resistencia multiplicada por el radio del cilindro.

262 En todo esto se hace abstraccion del grueso de las cuerdas á que estan aplicadas la potencia y la resistencia. Para tomar este punto en consideracion, será menester: 1.° añadir al radio de la rueda el radio de la cuerda, en cuyo extremo obra la potencia, y multiplicar la suma por esta potencia: 2.° añadir al radio del cilindro el radio de la cuerda, en cuyo extremo obra la resistencia, y multiplicar la suma por esta resistencia. Los dos productos deberán ser iguales para que la máquina esté en equilibrio.

263 Cuando el cilindro es vertical el torno se llama *cabrestante*. Su uso á bordo de las naves. En lugar del cilindro se pone á veces un cono, ó una especie de campana, cuya superficie inclinada sirve para subir la cuerda á que está aplicada la resistencia, sin tener que interrumpir la maniobra.

264 El molinete es un torno que tiene el eje horizontal, y se mueve con palancas.

265 Descripcion de las principales variedades de tornos y cabestrantes que se emplean en las artes, y particularmente en la marina.

266 En el torno puede aplicarse la potencia sobre la circunferencia de una rueda, segun se hace en los tornos que usan para sacar la piedra de las canteras en las cercanías de Paris.

267 Pueden emplearse ruedas de tambor, dentro de las cuales andan hombres para mover el torno. Tal es el sistema adop-

tado en algunas máquinas que sirven para arbolar los navíos.

268 Es análogo á este sistema el que sirve para dar vuelta al asador moviéndolo un perro.

269 Maquinillas puestas en movimiento por escarabajos y ratones.

270 El uso de ruedas de escalones está introducido en Inglaterra para sacar partido de la fuerza de los presos, y corregirlos del vicio de la ociosidad. Podemos imitar con provecho este medio de correccion.

271 Explicacion del equilibrio y del movimiento de los tornos compuestos.

272 Cuando varios tornos estan combinados juntos, de manera que desde el primero hasta el último, cada cuerda empleada en la trasmision del movimiento, pasa de la rueda de un torno al cilindro del otro que sigue, se verifica lo siguiente: La potencia aplicada á la cuerda que se envuelve sobre la rueda, produce un efecto proporcional al producto de los radios de todas las ruedas, aumentados respectivamente de los radios de las cuerdas correspondientes: la resistencia aplicada á la cuerda que se envuelve en el cilindro del último torno, da un efecto proporcional al producto de los radios de todos los cilindros, aumentados respectivamente con los radios de las cuerdas que se envuelven en dichos cilindros. Finalmente, cuando hay equilibrio, la potencia multiplicada por el primer producto, es igual á la resistencia multiplicada por el segundo producto.

273 Del movimiento de los manubrios y de otros que forman torno con ruedas puestas en árboles.

274 Trasmision de los movimientos de un torno á otro por medio de orillos. Leyes de este movimiento.

275 De las ruedas dentadas: de su movimiento.

276 Idea de la forma que mas conviene á sus dientes.

277 Dientes rectos y oblicuos.

Ruedas rectas, y ruedas de ángulo.

278 Las ruedas que trasmiten su accion por rozamiento se deben mirar como ruedas dentadas. Tales son las ruedas de los coches y carruages.

279 Ruedas dentadas de los carretones que van por caminos de hierro. Esta es una imágen sensible de los efectos del rozamiento en el andar de los carruages ordinarios.

280 Las combinaciones de las ruedas dentadas son útiles, particularmente á la relojería.

281 Explicacion del mecanismo del cric ó gato simple y compuesto. En el gato simple el efecto de la potencia es proporcional al radio del manubrio: el efecto de la resistencia es proporcional al radio de la rueda dentada.

282 Hay equilibrio entre la potencia y la resistencia cuando la potencia multiplicada por el radio del manubrio es igual á la resistencia multiplicada por el radio de la rueda dentada.

283 En el gato compuesto hay 1.° una ruedecilla dentada que engrana en la rueda dentada del gato: 2.° en el eje mismo de la ruedecilla dentada hay una rueda dentada grande que engrana en el piñon, cuyo eje lo mueve el manubrio.

284 En este gato compuesto, el efecto de la potencia es proporcional al radio del manubrio multiplicado por el radio de la rueda dentada grande. El efecto de la resistencia es proporcional al radio de la ruedecilla dentada, multiplicado por el del piñon.

LECCION XI.

Equilibrio de los cuerpos sobre planos fijos. — Planos inclinados.

285 Condiciones de equilibrio y de movimiento de una sola fuerza que obra sobre un cuerpo, empujándolo contra un plano fijo.

286 Condiciones de equilibrio de un número cualquiera de fuerzas que obran para producir el efecto dicho.

287 Casos particulares en que el cuerpo toca al plano en un solo punto, ó en dos, ó en tres puntos.

288 Del equilibrio de un cuerpo que descansa á la vez sobre dos planos fijos [1].

289 Equilibrio de un cuerpo que está impelido contra un plano fijo por varias fuerzas en diferentes direcciones.

290 Efectos de la gravedad relativamente á los cuerpos puestos sobre planos, 1.° horizontales, 2.° inclinados [2].

291 Condiciones de la estabilidad de los cuerpos puestos sobre un plano fijo, y sujetos á la accion de la gravedad.

292 Analogías notables de estas condiciones de estabilidad con las de los cuerpos sólidos que nadan en un fluido.

293 *Aplicaciones* de estos principios al movimiento de los carruages.

294 Exposicion de los principios que se leen en un trabajo hecho para la Academia de las Ciencias, para disminuir, y si es posible, hacer desaparecer enteramente los accidentes que resultan de volcarse los carruages.

1 *Aplicacion* de esto á los puentes levadizos.

2 *Aplicacion* de esto al descenso ó caida de los graves, ó aparato de Galileo para descubrir la ley de su caida.

LECCION XII.

De la rosca.

295 Definicion de la rosca.
Rosca de filete triangular.
Rosca de filete cuadrado.
Del paso de la rosca.

296 La rosca tiene unas veces su tuerca que va adelante ó atrás, mientras la rosca solo puede dar vuelta al rededor.

Otras veces la rosca es la que va adelante ó atrás, mientras la tuerca solo puede dar vuelta al rededor sin ir adelante ni atrás.

297 El efecto de la potencia, suponiendo que sea horizontal, cuando el eje de la rosca es vértical, es proporcional á la circunferencia que describe el brazo de la palanca, á cuyo extremo obra dicha potencia sobre la tuerca: el efecto de la resistencia es proporcional á la altura del paso de la rosca.

298 De la rosca sin fin: sus muchos usos en las artes.

299 Descripcion de las máquinas que sirven para cortar las roscas.

De la cuña.

300 Definicion de la cuña.
Leyes sencillas de su equilibrio y de su movimiento.

301 Importancia de la cuña en las artes. Las armas cortantes, los cuchillos, tijeras, punzones, limas y aun las sierras, y otra multitud de herramientas son cuñas.

302 Consideraciones sobre el uso de las herramientas en las artes: mejora que se desea en nuestra industria en este punto.

303 Reflexiones generales sobre el caracter de las máquinas simples, sobre la variedad y conveniencia de su uso &c.

Del rozamiento.

304 En los principios del equilibrio y del movimiento en las máquinas simples, que quedan expuestos en las lecciones anteriores, se ha hecho abstraccion de todas las especies de obstáculos acesorios que se oponen al movimiento de dichas máquinas, y disminuyen la eficacia de la potencia. Entre estos obstáculos se debe poner en primer lugar el *rozamiento* de los cuerpos que *resbalan* ó *ruedan* unos sobre otros.

305 Descripcion de los aparatos de Coulomb para medir el rozamiento en las máquinas simples.

306 Rozamiento de la madera que resbala sobre madera, á saber:

Roble con roble.
Pino con pino.
Olmo con olmo.
Roble con pino y con olmo.
Olmo con pino.

307 Rozamiento de las maderas con metales, y especialmente con el hierro y el cobre.

308 Rozamiento de los metales con metales: hierro con cobre.

309 Efectos de los untos para disminuir el rozamiento.

RESUMEN GENERAL DE LAS APLICACIONES DE LA MECÁNICA.

» La mecánica, en la acepcion mas general de esta palabra, es la ciencia que da á conocer las leyes á que estan sujetas las fuerzas que obran en los cuerpos naturales.

» Las leyes de la mecánica son las mismas para las aplicaciones mas sublimes de la ciencia, que para las mas vulgares de la industria.

» Pero cuando se intenta llegar á las altas combinaciones de la ciencia, hay que recurrir á raciocinios abstractos y difíciles, á cálculos espinosos y complicados. Para que la industria saque provecho de la mecánica debe por el contrario pedirle un método mas facil, mas elemental, y facil de que lo comprenda el crecido número de hombres que se ejercitan en las artes y oficios.

» Veis aqui una dificultad de las mas graves que he tenido que vencer en la composicion de una enseñanza que estuviese al alcance de los meros operarios.

» Cuando tengo que hablar de un círculo me basta mostrarlo, para dar una idea muy clara de su redondez, la que se percibe al punto. Bástame indicar su centro para que se entienda al instante lo que es un radio y lo que es un diámetro. Del mismo modo, para entender que dos paralelas no se encuentran nunca, me basta mostrarlas prolongadas en una extension bastante grande, sin que se hayan apartado ni acercado una á otra. Si quiero hablar de dos figuras iguales, simétricas ó semejantes las pondré una al lado de otra, y el expectador juzgará fácilmente de su igualdad, de su simetría ó de su semejanza; adelantándose su vista á mi explicacion, y asi le parece está mas inteligible.

» Pero en la mecánica hay muchos conocimientos que seria en vano querer ponerlos del mismo modo bajo el dominio de los sentidos. Yo no puedo hacer que se palpe el tiempo, ni que mis discípulos vean la fuerza, ni que toquen la velocidad. Tengo que enseñarles á ver estas potencias, estos modos de ser, estas sucesiones de existencia que considera la mecánica, como unos seres reales, ó á lo menos como cantidades matemáticas, susceptibles de aumento, diminucion y comparacion.

» Ya habia yo notado estas dificultades cuando servia al Estado en los arsenales de la marina, y quise dar á nuestros operarios algunos conocimientos teóricos: entonces vi que comprendia yo con mucha mas facilidad los principios y aplicaciones de la geometría que los de la mecánica.

» Debia pues temer, y confieso que he temido, que la segunda parte de mi curso no tuviese el grado de claridad y sencillez, que parece ha logrado verse en la primera parte. Vuestra aplicacion, señores, vuestra atencion seguida y llena de interes, me han convencido de que los pensamientos mas abstractos, cuyo enlace tenia que explicaros, los habeis comprendido bien. Esta conviccion me ha hecho cobrar ánimo, y me ha permitido seguir mi empresa, procurando mas bien elevar que reducir mi enseñanza, á fin de que no fuese inferior á vuestras facultades intelectuales.

» Las fuerzas que se emplean en el trabajo de las artes, se toman ó de nosotros mismos ó de fuera de nosotros. Ante todo nos importa conocer las que son propias nuestras.

» Entre las fuerzas del hombre hay unas que pertenecen á la inteligencia misma, y otras que son físicas y las dan el juego de nuestros miembros. Hay ademas otra clase de fuerzas que no se han considerado bien de un modo general, con relacion á la industria, y es la de las fuerzas sensitivas; quiero decir, las fuerzas que se emplean en hacer obrar nuestros sentidos.

» El hombre tiene las fuerzas sensitivas de la vista, del oido, del tacto, del olfato y del gusto.

(En este lugar analiza el profesor con gran tino lo que habia dicho en su curso sobre el uso de los sentidos, segun lo indica en el programa.)

» Es de mucha importancia que los operarios adquieran los hábitos de la buena conducta, de la disciplina y del respeto de sí mismos, que son inseparables de quien concibe un respeto fundado en los procederes juiciosos y en los modales del estado social, segun la clase en que cada uno se encuentra.

» Otras ventajas hay que proceden de la regularidad y uniformidad de los movimientos elementales que requiere el trabajo de cada ramo de industria. Cada operario no tiene mas que un

mismo grado de fuerza que gastar en tiempos de igual duracion: su cansancio entonces es regular, y por lo mismo menos pesado.

» En las artes mecánicas, una de las grandes ventajas de la division del trabajo es la de reducir al menor número posible los diversos movimientos que ejecuta cada operario. Repitiendo el operario estos movimientos elementales, adquiere luego cierto hábito, cierta accion de regularidad y uniformidad, que le permite dar á su labor un buen grado de velocidad. Este principio nos explica los resultados prodigiosos de algunas artes, en que sumamente dividido el trabajo, permite lograr una aceleracion considerable en los movimientos de los operarios. Háse citado por ejemplo el arte de fabricar agujas, y hemos dado extension á este ejemplo, á fin de hacer sensibles nuestras ideas en este punto.

» De los principios que hemos sentado sobre la aceleracion de los movimientos simples confiados á cada operario, hemos deducido algunas reglas que podrán servir de guia á los gefes de talleres y de fábricas en la division de las diversas operaciones de que se compone un mismo arte.

» Otra ventaja de la division del trabajo, cuando tal division llega á ser muy grande, es la de dar una facilidad indecible para ejecutar aisladamente, con máquinas, la mayor parte de los movimientos elementales que constituyen cada operacion de la industria. El movimiento de tales máquinas combinado con la accion manual de los operarios, produce ese grado de perfeccion que se advierte en varios de los mayores establecimientos.

» Hemos vindicado á las artes mecánicas de la censura que se les hace, por reducir el trabajo de cada operario á la repeticion de un número limitado de movimientos estúpidos. Hemos manifestado que en un pueblo donde está muy perfeccionada la industria, y muy dividido el trabajo, el número relativo de los individuos, en quienes está muy ejercitada la inteligencia, y por consiguiente muy desenvuelta, es mucho mayor que el de los individuos que les son comparables en las naciones en que está menos adelantada la industria, y poseen menos máquinas.

» Hemos dado á conocer las ventajas del silencio en muchas fábricas, citando por ejemplo los talleres de Inglaterra. El silencio no es solamente señal de respeto y disciplina en las profesiones militares, sino tambien es un medio de conseguir la atencion, el enlace y grandes efectos, que son los medios y el fin del arte de la guerra.

» Hay algunas artes en que teniendo que hacer muchos hombres á la vez movimientos repentinos, es menester que la

voz indique el instante preciso en que debe hacerse cada movimiento."

(Despues de considerar el profesor los sentidos como instrumentos aproximados de medida, pasó á hablar de los inconvenientes de las medidas francesas antiguas, que eran distintas casi en cada lugar; demostrando las ventajas del sistema métrico, y su utilidad en los usos comerciales).

He presentado, prosiguió, el cuadro comparado de los recursos de la Francia y de la Inglaterra en animales domésticos. Para igual número de hombres, el que le corresponde de caballos, bueyes y ganado lanar, es mas que doble en Inglaterra de lo que es en Francia. Asi la cantidad de carne que consume cada individuo en Inglaterra es mas que doble que la que consume el frances. De la misma manera la cantidad de cueros, pellejos, vellones y demas partes animales, que sirven de materia primera en diversos ramos de la industria, son proporcionalmente mas que dobles en Inglaterra: lo mismo digo de los abonos animales que sirven en la agricultura. Mayor cantidad de tierras destinadas á prados da mayor valor á los terrenos destinados al cultivo de las cereales que sirven para alimento del hombre: objeto importante, sobre todo en Francia, donde las cereales estan ahora á menos del justo precio que deberian tener para que la agricultura no se hallase en penuria.

» Esta comparacion nos enseña que es posible lograr nueva prosperidad para la Francia, aumentando el número y calidad de los animales que hemos examinado.

» Hemos presentado algunas observaciones sobre la importancia del buen trato de los animales, considerando esta cuestion bajo el simple punto de vista de las ventajas positivas y materiales de la industria; y despues bajo otro aspecto mas importante, cual es el de la moral y la humanidad.

» Pasando luego á los principios generales del movimiento de los cuerpos y de los animales, hemos expuesto las leyes elementales que rigen en estos puntos."

(En este lugar explica con claridad las leyes del movimiento y del equilibrio, las máquinas simples y su uso; y despues sigue diciendo.)

» Tal es el círculo de los principios y de las aplicaciones de mecánica que hemos recorrido en la segunda parte de nuestras lecciones. Demos una ojeada á la primera parte y á todo el conjunto de esta enseñanza.

» Para que fuese mas general la utilidad de mi curso, he supuesto que mis oyentes no tenian mas conocimiento preliminar que las cuatro primeras reglas de la aritmética. Partiendo de ahí, he explicado sucesivamente los teoremas principales de

la geometría y de la mecánica; las propiedades de la línea recta y de las figuras terminadas por líneas rectas, las del círculo, de la elipse, de la parábola y la hipérbola; las de los planos, y la medida de las superficies planas; las de las superficies curvas, como el cono, el cilindro, la esfera, las superficies desarrollables y las de revolucion; los sólidos terminados por planos, como los prismas y las pirámides; y por último la medicion de los sólidos terminados por planos y por superficies curvas.

„Cada método tomado de la geometría para describir estas líneas, estos planos, estas superficies, y formar dichos sólidos, nos ha suministrado medios multiplicados de construcciones y operaciones, relativamente á los principales ramos de industria. Por todas partes hemos visto la variedad, la facilidad y la exactitud que los métodos geométricos pueden dar á las artes cuando hay que ejecutar movimientos en que los espacios que han de correrse tienen una figura determinada, y fabricar productos de industria, cuya forma es tambien determinada.

„He resumido ya el sistema de los principios y aplicaciones de la mecánica á los diversos ramos de la industria.

„Veis ahí lo que habeis escuchado y entendido: veis ahí el círculo que habeis corrido, partiendo de un punto en que teníais que estudiarlo todo. Cinco meses han sido bastantes para que comprendiéseis este conjunto de verdades abstractas y de conocimientos de aplicacion. Sin embargo, ¡cuántos hay que creen que la clase de operarios pueden apenas llegar á los mas humildes conocimientos, y debe permanecer por siempre en esta ignorancia forzada! ¡Ojalá que citando vuestro ejemplo pueda yo abrir los ojos á la luz de la verdad!

„Sobre todo he tenido por objeto, en mi curso, presentaros las miras que me han parecido mas adecuadas para que seais superiores á vosotros mismos, tanto en lo físico como en lo moral.

„Os he mostrado los medios de aumentar la precision, la vivacidad y la extension de vuestras observaciones, con medidas hechas por vuestros sentidos, que hace fructuosas el espíritu atinado de comparacion y reflexion. Esta mejora de vuestros sentidos, aunque muy importante, no era por sí sola bastante para lo que necesita vuestro trabajo.

„He procurado daros á conocer la suma utilidad de la rigurosa exactitud en la determinacion de los patrones, de las basas, de las escalas y de las medidas que os han de servir para ejecutar las máquinas, las herramientas, instrumentos y productos de vuestras artes.

„En cuanto á la forma, á la calidad y al precio de las her-

ramientas os he dado preceptos; los he corroborado con el ejemplo del sumo cuidado que tienen los operarios de un pueblo rival en industria, de que sus herramientas reunan la solidez que les da duracion con la bondad del material, del temple y de la forma, para que produzcan mayor efecto cuando se usan con una cantidad determinada de fuerza.

» Antes que la ayuda que el operario puede sacar de la perfeccion de los instrumentos que emplea, debe poner la que puede hallar en sí mismo, por medio de su inteligencia.

» Os he mostrado lo mucho que cada operario puede aumentar los efectos de su fuerza corporal, con las lecciones de la experiencia, y con las de la enseñanza, que á decirlo bien, no es mas que una experiencia comunicada; lo que logrará haciendo uso mas experto, mas inteligente y mas juicioso de su cuerpo, de sus miembros y de sus herramientas.

» Os he advertido algunos medios de aumentar vuestra fuerza corporal con un sistema de vida mejor entendido y mas regular; con un alimento en que abunde mas la sustancia animal, sin olvidar nunca las reglas de la sobriedad.

» A estas reglas he reunido algunos consejos sobre el espíritu de orden, el cual economiza nuestra fuerzas tanto como nuestras riquezas; y sin el cual no hay prosperidad durable en la industria: sobre la disciplina que debe reinar en los talleres: sobre la bondad y humanidad que deben realzar el caracter de los superiores; sobre el respeto y amor que deben adornar la obediencia de los inferiores. De esta suerte reina en los talleres bien organizados, la benevolencia mútua, la concordia, tan necesaria en los trabajos de un vasto establecimiento, y la satisfaccion general que aumenta el bienestar de la vida en cada uno de los individuos.

» ¡ Ojalá que tales preceptos queden para siempre en los corazones de los amos y en los corazones de los operarios! ¡ que por fruto de mis lecciones vuelvan los unos á entrar en sus talleres mas benévolos con sus inferiores, y los otros mas reconocidos y sumisos á sus superiores! y todos, en fin, mas amantes de las virtudes que honran y hermosean las reuniones sociales!

» Decios sin cesar á vosotros mismos: que en los trabajos de la industria, asi como en las acciones de la vida, no basta el talento y la habilidad: decios que las calidades mas brillantes del ingenio, de la destreza y de la experiencia, no son nada sin las calidades morales que honran al hombre, y lo sacan del egoismo para hacerlo útil á sus semejantes. En la situacion mas humilde de la vida puede cada uno de nosotros ser benéfico; y aun hacer ilusion á su indigencia, ejercitando las virtudes de la

humanidad, que colocan nuestra especie sobre todos los seres criados. El menor operario puede tener un aprendiz, hacerle fáciles y suaves las lecciones de su oficio; darle ademas lecciones de probidad, de bondad, de fortaleza y de paciencia; y formar un hombre tan virtuoso como podria hacerlo cualquiera preceptor con título, y bien pagado en la mas grande casa. Cuando os ocupeis en este trabajo honroso, traedme alguna vez á vuestra memoria; y si tal vez teneis tentacion de tratar á vuestros aprendices con enfado, con desprecio ó con dureza, pregúntese á sí mismo cada uno de vosotros si se atreveria á obrar de esa manera sin rubor, en mi presencia ó delante de alguno de los demas que me honran con su asistencia á mi curso.

» Ciertamente lograria el mas bello premio de mi trabajo y de mi celo, si ya se pudiese, ó á lo menos si un dia se pudiera distinguir los hombres que han seguido mis lecciones, por la dignidad de su vida, por la excelencia de su caracter y por la cordura de su conducta. Yo preguntaria despues, pero mas tarde, si se distinguian tambien por la fertilidad de los recursos de su ingenio, de su saber y de su experiencia, por el auxilio mas inteligente que sacan de sus sentidos y de sus miembros, de sus herramientas y de sus máquinas.

» Ya veis, señores, que es mucho lo que espero de vosotros, porque sé que hay en vosotros la semilla fecunda y generosa de los mas grandes y mas nobles progresos. Cumplid mis esperanzas, y de esta suerte os hareis felices, y sereis ensalzados en la estimacion de todos vuestros conciudadanos.

» Al ofreceros el tributo de mis lecciones no ha sido mi ánimo, como algunas veces se ha procurado insinuarlo, lisonjear vuestro orgullo ni haceros descontentos de vuestro estado, ni sacaros de vuestra esfera, ni llamaros á ciertos destinos que no parecen ser los vuestros. No lo he hecho; porque soy vuestro amigo, y porque mi ánimo es ofrecer á vuestra ambicion los únicos medios que no sean imposibles.

» Pero he procurado mostraros cómo podeis hacer bella la suerte en que la fortuna os ha colocado: cómo podeis aumentar vuestro bienestar perfeccionando y dilatando los medios de produccion: cómo podeis, con cierta ambicion prudente y lícita, pasar con vuestro talento, con vuestra fortaleza y actividad, de la indigencia á la medianía, y de la medianía á la riqueza, concurriendo al adelantamiento de nuestra industria, y prosperando con ella: cómo podeis, con el ejercicio de las virtudes de vuestra profesion, hallar la felicidad modesta, mas no por eso menos viva, que dará atractivo á vuestra situacion: cómo podeis aumentar y mantener vuestra consideracion, vues-

tra *respetabilidad*, cuya palabra nueva en nuestra lengua quisiera yo usar á lo menos para significar la dignidad de la existencia; la cual dignidad procuro que se desenvuelva en vosotros: cómo podeis, aplicando las ciencias á vuestros oficios, elevaros á la clase de las artes liberales, y que su profesion sea un título calificado de honor. Veis ahí mis designios, que los declaro abiertamente, y en los que proseguiré sin interrupcion por todo el tiempo que me sea permitido el hacerlo.

» Dejadme justificar la esperanza que he concebido de producir un bien grande, poniendo á vuestra vista la pintura que se presenta en perspectiva á mi anhelo. Sin consultar mas que el deseo de seros útil, he intentado hacer una grande experiencia. Queria yo ver si era posible ofrecer á la clase menestrala de la capital una enseñanza grave por su materia, abstracta por sus principios, y complicada por la multitud de sus aplicaciones. Queria ver si las bellezas severas de la ciencia tendrian algun atractivo para una clase que hace poco estaba tenida apenas por digna de conocer los primeros elementos de leer y escribir.

» Me atrevo á decir, señores, que esta experiencia intentada de esta manera ha tenido pleno efecto, si no por mi parte, á lo menos por la vuestra. Habeis demostrado claramente que desde el momento que querais, podreis elevar vuestro entendimiento á todos los conocimientos útiles que son hijos de la geometría y de la mecánica.

» Varios extrangeros han asistido con frecuencia á nuestras reuniones; y cada vez han salido con mas alta idea de la inteligencia activa, de la gravedad decente, de la atencion fuerte, de la necesidad de conocer las verdades de la ciencia, en suma, de todas las cualidades sólidas que estaban muy lejos de creer que existian en nuestro caracter nacional. Vosotros sois quienes habeis revelado la existencia de estas cualidades para honor de la poblacion francesa.

» Estos extrangeros, restituidos á su pais, llenos de entusiasmo han contado á sus conciudadanos lo que habian admirado en el espectáculo que vosotros les habeis ofrecido; y al oirlo aquellos, han advertido la necesidad de seguir nuestros pasos, de adquirir igualmente las riquezas del saber, y de hermanar para la clase menestrala el conocimiento de las verdades generales que suministra la ciencia, con su aplicacion á las operaciones de los principales ramos de industria. Tal es, señores, el efecto que habeis producido en los italianos, en los belgas, en los alemanes; y vuestro ardor ha hallado émulos hasta en el centro de la Polonia. Yo lo sé.

» Pero otro fruto mas bello, mas útil á la patria, y por con-

siguiente mas grato á vuestros corazones, es el efecto que habeis producido en las ciudades de Francia, que rivalizan en su industria con la capital.

»¡Leon se ha despertado! Leon quiere que su clase menestrala no quede en la ignorancia, cuando la de Paris penetra en el santuario de la ciencia. Una escuela de industria vá á formarse en aquella hermosa y rica ciudad; y en recompensa de mi celo mas bien que por honrar mi corto mérito, he sabido que se dignarán de pedirme el plan de la escuela.

»En el departamento del Nievre, donde yo nací, hay un ingeniero de puentes y calzadas hijo de la escuela politécnica, el cual ha oido con atencion la voz que yo dirigí á los alumnos de aquel célebre establecimiento. Su curso se ha abierto bajo los auspicios de un magistrado sabio, que en la prefectura de los Pirineos orientales habia manifestado antes de ahora su amor á todos los establecimientos favorables á los progresos de la industria.

»En Clermont otro prefecto, lleno de celo y de luces, acaba de establecer una escuela de diseño lineal y de geometria elemental, con el fin, dice él mismo, de formar hombres que un dia puedan venir á ocupar un lugar en este recinto, y llevar á su pais natal el fruto de las lecciones que vuestro profesor os explica.

»La ciudad de Lorient quiere instituir otra escuela igual; y á este fin nos ha pedido noticias por el conducto de su *maire* y de un diputado, ambos amantes del bien público, de la industria y de la clase menestrala.

»Una asociacion de ingenieros y capitalistas que va á fundar cerca de Lila un vasto establecimiento de industria, se propone costear un profesor de geometría y de mecánica aplicadas á las artes. Este profesor, formado y elegido entre vosotros, dará lecciones en Lila, capital de un departamento que ocupa uno de los primeros lugares por su poblacion, riqueza é industria.

»Al tiempo mismo de ir á abrir nuestro curso se dirigieron á nosotros varios fabricantes de Bar-le-Duc para que se les indicasen los medios de dar á sus operarios una enseñanza semejante á la que hoy acabamos.

»Los diputados del Rhin bajo quieren tambien que en Strasburgo, capital de aquel departamento, haya una instruccion científica arreglada al mismo plan.

»El mismo proyecto han formado ciertos habitantes del Rhin alto, tan recomendables por su caracter generoso, como por los grandes progresos y por los vastos adelantamientos que les debe la industria de la Alsacia. Lo mismo hay que decir

de los mas célebres fabricantes de Sedan y de otras muchas ciudades.

» Si yo pudiese coadyuvar á este impulso bellísimo y corresponder á la voz gloriosa de tantas personas estimables por sus tareas y admirables por su noble patriotismo, tendria esto por la dicha mas pura, cuya esperanza sola basta para excitar mi celo, aumentar mis fuerzas y hacerme superior á mí mismo.

» Desde el otoño próximo volveré á emprender el curso que hoy se acaba. Le daré mucha mas extension; y él será mi único pensar, mi única ocupacion hasta llevarlo á cabo. A medida que explique mis lecciones las publicaré enteras por cuadernos sueltos, cada uno con sus figuras. Muy módica será la retribucion para que el operario adquiera estas lecciones una á una, que todas juntas comprendan el sistema de enseñanza que puede seros útil.

» En el curso del año próximo es mi intento particular formar jóvenes para profesores que puedan propagar la nueva enseñanza, cuya utilidad habeis probado.

» A fin de excitar á las ciudades de Francia á que hagan algun sacrificio en favor de estos jóvenes, y á fin de animar á estos, veis aqui lo que se hará y lo que se dirá:

» Se pondrán todas las ciudades que pidieren profesores por el orden de las ventajas pecuniarias ú otras que presentaren, y se pondrán los candidatos para las plazas de profesores por el orden de su mérito, inteligencia, celo y actividad. A la ciudad mas generosa se le dará el primero de dichos profesores; á la que siga despues se le dará el segundo, y asi sucesivamente con las demas, guardando esta escala de mérito y de recompensa.

» A las ciudades se les dirá de antemano: Ofreced justo premio á los servicios que reclamais en favor de vuestra industria; porque cuanto mas ofreciereis, tanto mas ventajoso será el lugar que ocupareis en la lista en que se han de elegir personas clasificadas por su mérito para aquel fin. A los jóvenes se les dirá: Trabajad con ardor, con atencion, con voluntad en la ciencia de la industria. Distinguios á porfia, segun lo requiere vuestro honor y vuestro interes; porque cuanto mas sobresaldreis entre vuestros rivales, mas rica será vuestra recompensa, mayor y mas honorífico será el destino que os espera; mas poblada, mas industriosa y mas opulenta será la ciudad adonde ireis á explicar vuestras lecciones, cimentar vuestra reputacion y hacer vuestra fortuna.

» Prepárense los jóvenes desde la edad de 18 á 25, y aun hasta 30 años, que deseen entrar en la carrera que va á abrirse,

haciendo un estudio fuerte y seguido hasta que vuelva á abrirse mi curso: estudien bien la geometría elemental y la geometría descriptiva: estudien la estática: vengan á menudo al conservatorio á examinar y comparar las máquinas, y á habituarse á entender el movimiento, los efectos, las relaciones de resistencia y de potencia, las pérdidas de rozamiento, de choque y demas. Cuanto mejor preparados estuviesen, tanto mas estarán dispuestos para seguir bien mis lecciones, y llegar á ser en breve profesores hábiles.

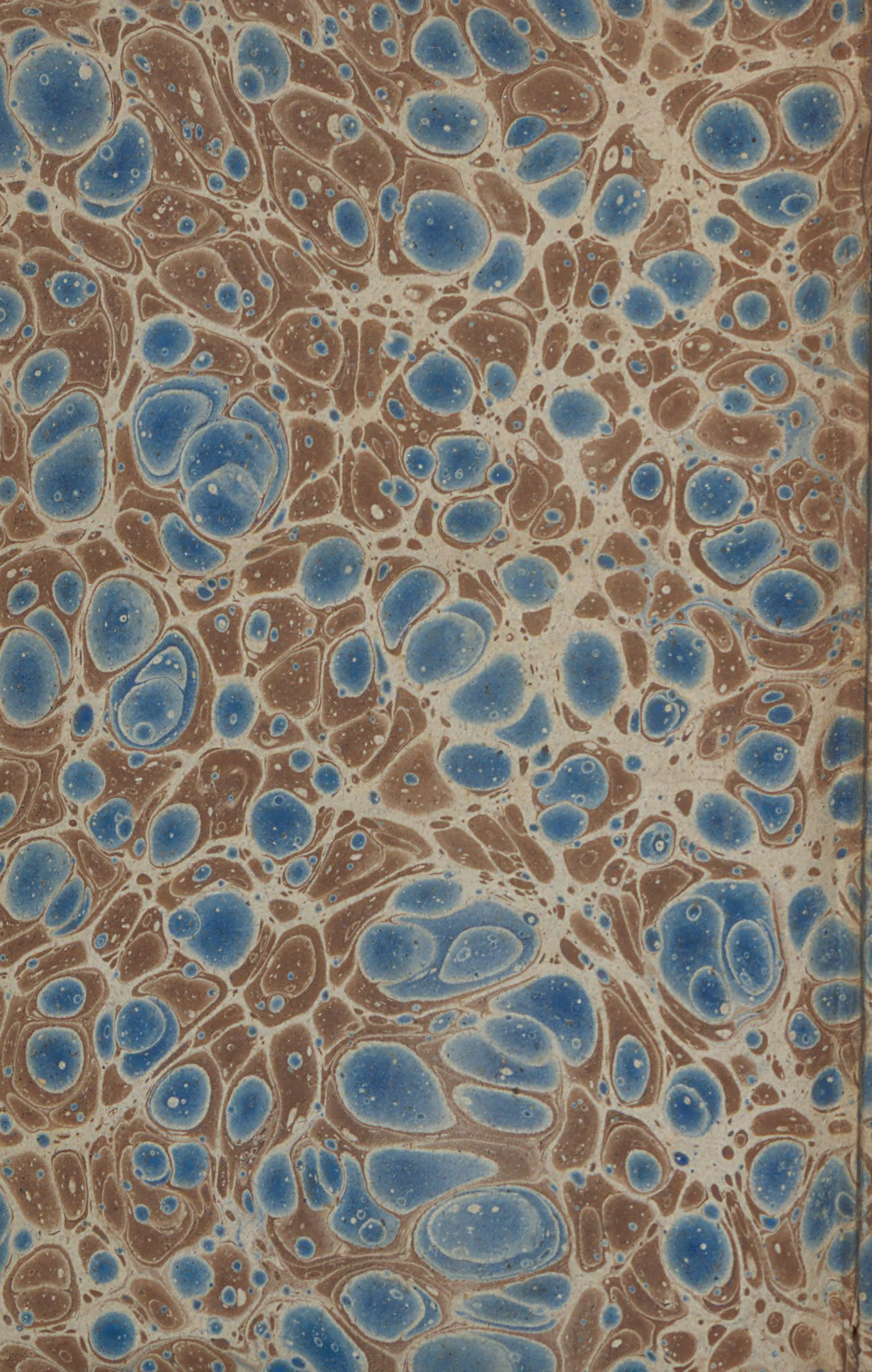
» Al abrir mi curso manifesté mi deseo de que hubiese quien os enseñase la geometría descriptiva. Mr. Gauttier, discípulo que ha sido de la escuela politécnica y profesor del conservatorio, está pronto á cumplir este deseo. Los miércoles ocupará mi lugar en esta sala, y os explicará los principios y construcciones de una ciencia que puede y debe hacer, y que ya ha hecho señalados servicios á nuestra industria.

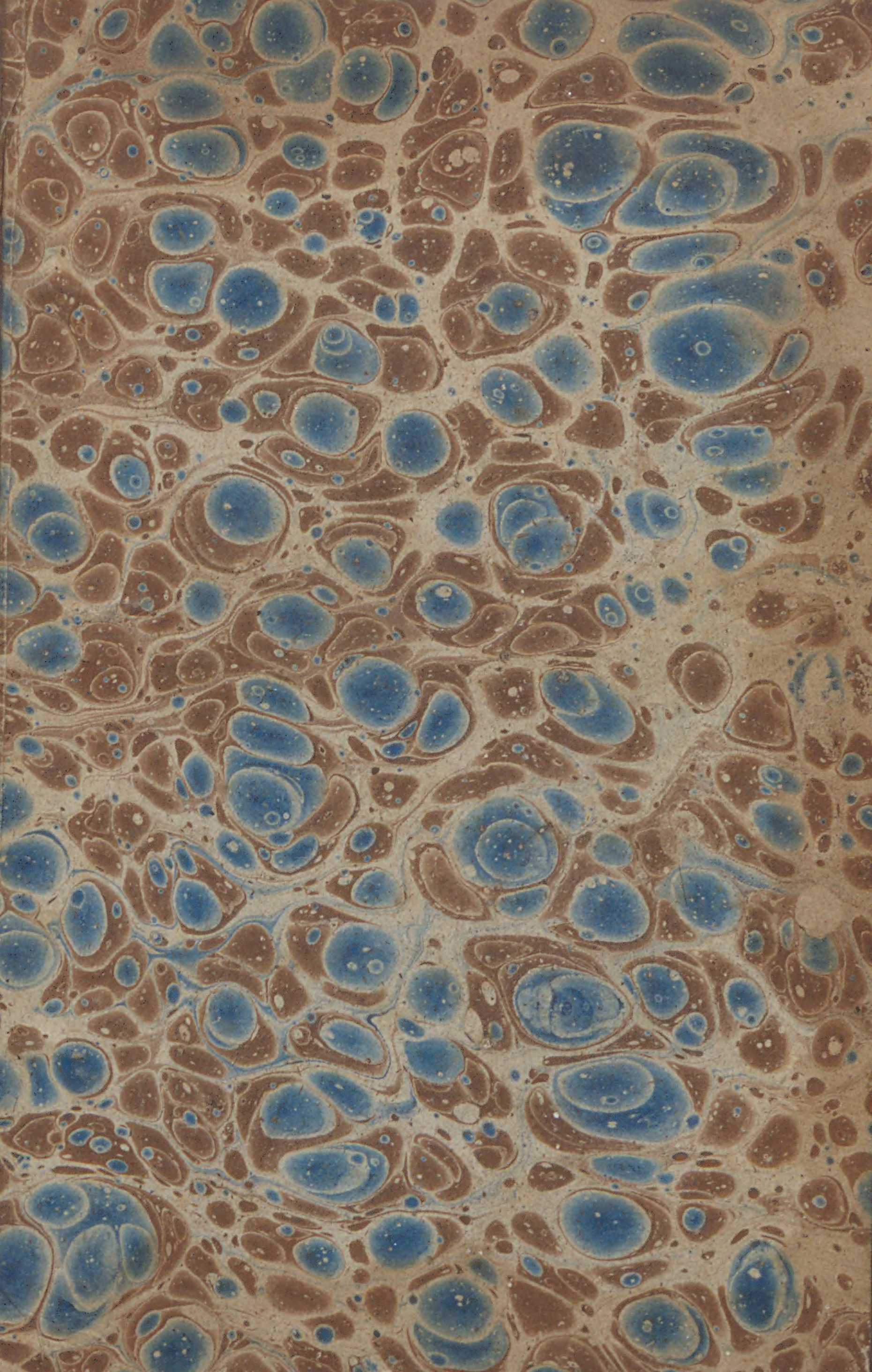
» Siento mucho que otros deberes no me permitan en este año dar á mis lecciones mayor extension. Dentro de poco tengo que salir de esta capital, y necesito algunos dias para ordenar los materiales de mi nuevo viage. Voy á atravesar la Francia en toda su longitud, y recorrer nuestras dos costas del Mediterráneo y del Océano. Aunque el objeto de este viage sea relativo á los trabajos de la marina militar, no seré espectador indiferente de las labores importantes y variadas que me ofrecerá la industria civil en Leon, en Saint-Etienne, en Marsella, Nimes, Tolosa, Burdeos, Nantes, Ruan y otras muchas ciudades. Si á un mismo tiempo puedo servir á esta industria con algunas ideas ó consejos, y adquirir el conocimiento de aplicaciones nuevas é importantes para enriquecer el curso que he de abrir en el otoño próximo, creeré, señores, que no he descuidado de vosotros en mi ausencia. ¡Ojalá que á mi vuelta pudiese presentarme á vosotros mas capaz de seros útil por haber adquirido alguna nueva experiencia, y no menos lisonjeado con la esperanza de encontrar en vosotros el mismo efecto, por haberos yo conservado el mismo celo y el mismo deseo de complaceros!

» No terminaré este discurso sin ofrecer el tributo de mi reconocimiento por el interes poderoso que personas, que ocupan altos cargos, han tomado en vuestra instruccion y en vuestros progresos; ni sin presentarles la ofrenda de mi gratitud por el designio generoso que han formado de coadyuvar con socorros públicos y disposiciones eficaces, á la propagacion de semejante enseñanza en nuestras ciudades del interior y en las marítimas. Mas temeria ser indiscreto si me explicaba mas en esto. Esperemos á que el tiempo dé á luz los actos públicos que han de dar

á sus autores un derecho duradero á la estimacion de todo buen frances.

» Finalmente, señores, si me es lícito responder con un sufragio augusto á la censura de ciertos hombres que ven con disgusto toda instruccion nueva, y acriminan á todo hombre que la profesa, me atreveré á deciros que por dos veces, exponiendo al Príncipe, que señalo bastante llamándole *el Animoso y el Moderado*, los beneficios de una enseñanza destinada á la simple clase de operarios, ha latido el corazon de este bondadoso Príncipe, al modo que latia el corazon del mas ilustre de sus abuelos y del mas popular, solo con el pensamiento de algun nuevo bien para el pueblo: entonces su boca expresaba con nobles palabras un voto digno de amor, de que por todas partes se ofreciesen los presentes del saber á los artesanos en nuestras ciudades industriosas. ¡Ojalá, ó Príncipe, podamos cumplir vuestras esperanzas, y ofreceros en ello una nueva prenda de nuestro vivo y durable reconocimiento!"








colorchecker CLASSIC
calibrite
mm